

CHAPITRE

6

SURVEILLANCE DU MILIEU MARIN

La connaissance de la qualité des milieux littoraux et marins constitue l'une des orientations majeures en matière de protection et de gestion des milieux aquatiques : définir, mettre en œuvre et évaluer sont les éléments engagés d'une politique durable en faveur du littoral et du milieu marin.

Les pressions démographique, agricole, industrielle, les risques de contamination bactériologiques et chimiques, les dysfonctionnements biologiques et les changements climatiques globaux deviennent des préoccupations croissantes.

Le programme de surveillance de la qualité du milieu marin mis en place en Principauté a pour objectif d'améliorer la compréhension du fonctionnement des écosystèmes côtiers, quantifier les évolutions, identifier et évaluer l'impact des pressions sur ce milieu afin de mieux le protéger.

Cette surveillance continue est basée sur la mesure :

- de la qualité du milieu marin et de chacun de ses compartiments, à savoir eau, sédiments et milieu vivant ;
- des activités ou des apports naturels et anthropiques susceptibles d'influer sur la qualité du milieu marin ;
- des effets de ces activités et apports.

Cette surveillance continue a pour objectif :

- de décrire la distribution spatiale d'une série de paramètres physiques, chimiques et biologiques, et autres (dont la démographie, les apports, les activités spécifiques) ;
- de déterminer les tendances chronologiques, soit comme moyen de juger de l'efficacité des mesures engagées, soit d'apprécier, grâce à des indicateurs adéquats, l'évolution de certains aspects de la qualité du milieu marin ;
- de définir les rapports entre les activités anthropiques, les gradients spatiaux observés et les tendances chronologiques décelées dans le milieu marin ».

1. Base du programme de surveillance mis en œuvre à Monaco

1.1 Contexte réglementaire et international

1.1.1 Réglementation monégasque

La protection du milieu marin et la lutte contre les pollutions sont inscrites et reconnues dans le Code de la Mer monégasque (articles L.230-1 et suivants et L.221-1 et suivants).

Le Code de la Mer pose également la réglementation relative à la pratique des bains de mer et des sports nautiques (articles L.750-1, 0.753-2 et A.753-1 et suivants) déterminant notamment les modalités de surveillance de la qualité des eaux de baignade.

Cette réglementation s'est inspirée de la directive européenne existante en la matière (Directive n° 76/160, du 8 décembre 1975).

■ 1.1.2 Convention de Barcelone pour la protection de la mer Méditerranée

La convention de Barcelone adoptée en 1976, dont Monaco est Partie, et ses protocoles d'application visent à réduire les pollutions dans la zone de la mer Méditerranée et à protéger et améliorer le milieu marin en vue de contribuer à son développement durable.

■ 1.1.3 Accord RAMOGE

La Principauté de Monaco, la France et l'Italie, ont décidé de conclure en 1976 un Accord spécifique pour mettre en commun les actions en matière de protection du milieu marin et de lutte contre la pollution du milieu littoral.

■ 1.2 Définition du programme de surveillance

La surveillance de la qualité des eaux est une tradition monégasque initiée en 1972, par la création du laboratoire d'études des pollutions marines. Depuis, la Principauté de Monaco a participé activement à divers programmes de surveillance, dont le RNO (Réseaux National d'Observation français) de 1974 à 1998.

Les principaux objectifs du programme de surveillance mis en œuvre à Monaco sont axés sur l'évaluation du niveau de pollution, la protection de la santé humaine et la protection des écosystèmes marins.

Les paramètres pris en compte concernent des paramètres hydrologiques, chimiques et biologiques, permettant de décrire les tendances à long terme du stress anthropique s'exerçant sur les écosystèmes. Cette surveillance du milieu marin porte sur la détermination des paramètres suivants :

- **Les contaminants chimiques et leurs effets.** Les contaminants sont le plus souvent mesurés dans la matière vivante ou le sédiment.
- **Les paramètres généraux de qualité de l'eau.** La connaissance des paramètres physiques et chimiques de l'eau de mer constitue la base indispensable pour la connaissance du milieu marin et l'identification des pressions anthropiques.

- **Le plancton toxique.** Des déséquilibres du milieu peuvent engendrer des proliférations anormales de certaines espèces planctoniques pouvant s'avérer néfastes pour l'homme et l'environnement.
- **Les paramètres d'enrichissement et d'eutrophisation.** Les nutriments (nitrate, ammonium, phosphate,...) favorisent le développement des organismes végétaux. L'enrichissement en nutriment peut conduire à des développements excessifs d'algues appelés eutrophisation.
- **La microbiologie sanitaire.** Concerne l'ensemble des organismes vivants microscopiques susceptibles d'être pathogènes pour l'homme.
- **Le milieu biologique.** De nombreux programmes incluent la surveillance ou l'observation de divers aspects du milieu biologique lui-même. L'éventail des possibilités est varié et répond généralement à une finalité particulière.

La Stratégie mise en œuvre à Monaco reprend cette surveillance et s'organise autour de 3 composantes :

- la surveillance chimique du milieu marin à partir du sédiment et des organismes vivants (biota),
- la surveillance hydrologique des eaux comprenant les paramètres généraux de qualité de l'eau et les paramètres d'enrichissement et d'eutrophisation,
- la microbiologie sanitaire, conformément à la réglementation monégasque et internationale.

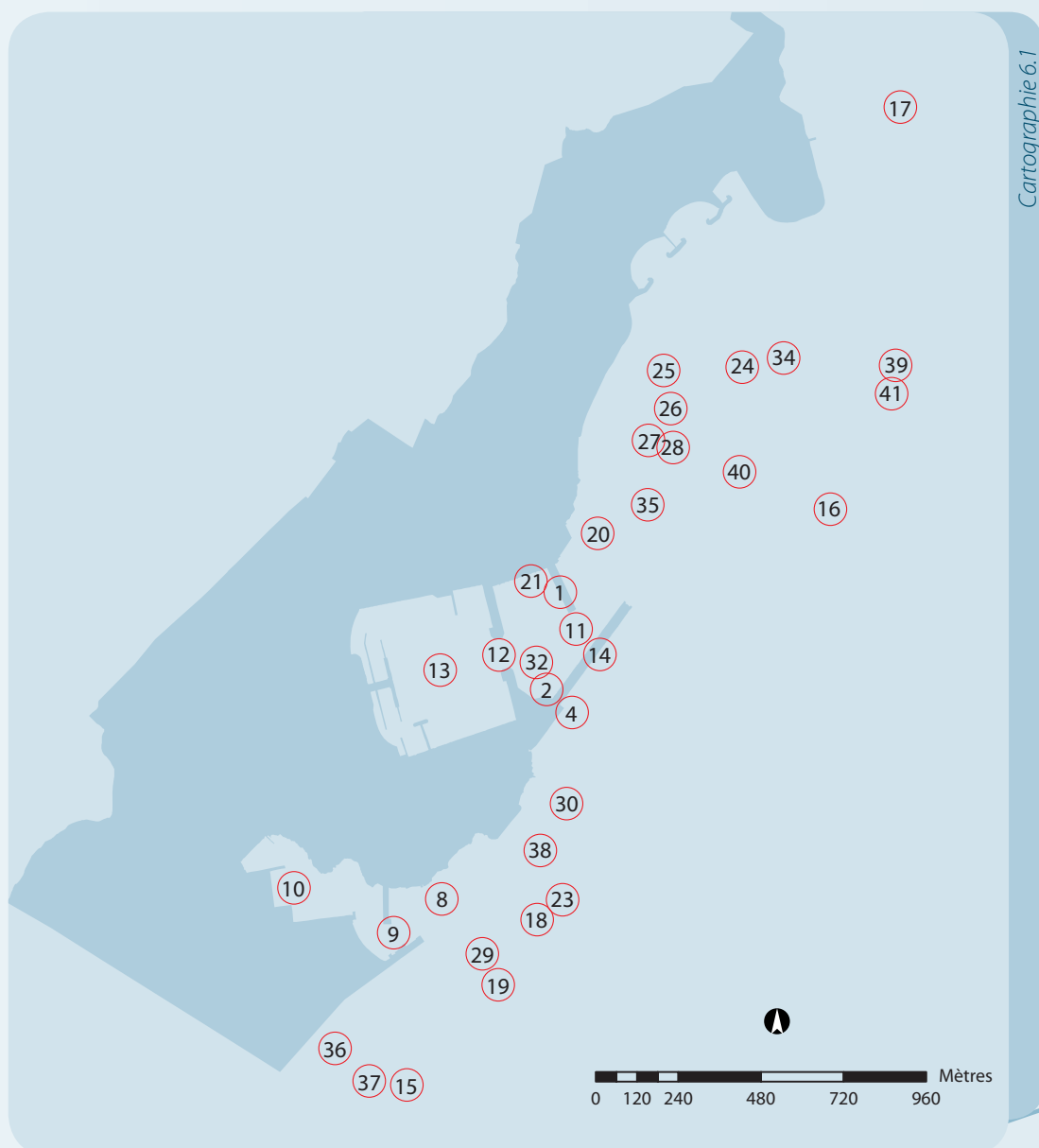
2. Surveillance chimique de l'environnement marin

2.1 Surveillance chimique des sédiments

Les sédiments ont un rôle important à jouer dans la surveillance continue de l'environnement, car ils sont considérés comme le réservoir final de la plupart des polluants. Ces sédiments marins entretiennent également des rapports mutuels étroits avec les autres compartiments de l'environnement à savoir l'eau et les organismes vivants.

Chaque année, des prélèvements de sédiments sont réalisés sur des sites de substrat meuble présent dans les fonds marins de la Principauté.

Les prélèvements réalisés depuis 1999 sont représentés sur la cartographie 6.1.



Positionnements des prélèvements de sédiments en zone côtière de 1999 à 2010

N°	DATE	Localisation	Métaux							
			As (mg/ Kg)	Cd (mg/ Kg)	Cr (mg/ Kg)	Cu (mg/ Kg)	Hg (mg/ Kg)	Ni (mg/ Kg)	Pb (mg/ Kg)	Zn (mg/ Kg)
41	nov-10	Haut fond Larvotto	14	<0,1	23	16	0,1	10	22	40
40	nov-10	Face Parking Pêcheurs	8	0,1	21	24	0,2	10	34	48
39	nov-10	Haut fond Larvotto	8	<0,1	37	19	0,1	18	29	53
38	nov-10	Large Portier	10	0,1	47	26	0,3	23	47	80
37	déc-09	Fontvieille Hélicoptère -50m	13	0,4	34	49	0,3	21	107	197
36	déc-09	Fontvieille Hélicoptère -40m	11	0,2	29	10	0,1	23	25	48
35	juil-07	Limite sud Larvotto	10	0,1	44	19	0,4	20	49	75
34	juil-07	Portier	24	<0,1	20	5	<0,05	6	14	32
33	juin-06	Fort Antoine	10	0,1	26	13	0,1	12	33	69
32	juin-06	Secteur rejet UPTER	20	<0,1	54	9	0,1	27	25	54
31	juin-06	Musée océanographique					0,2			
30	juin-06	Avant-port					0,1			
29	juin-06	Crepine AIEA					0,1			
28	juin-06	Portier Larvotto 2	8	0,2	32	15	0,1	13	47	71
27	juin-06	Zone entre Portier et Larvotto	9	0,2	30	14	0,2	13	45	70
26	juin-06	Portier Larvotto 1	9	0,2	41	16	0,2	17	47	68
25	juin-06	Zone entre Portier et Larvotto	9	0,2	21	11	0,4	9	35	59
24	juin-06	Zone entre Portier et Larvotto	11	0,2	26	9	0,2	11	35	52
23	juil-05	Musée océanographique	10	0,1	46	22	1,0		40	89
22	juil-05	Tombant à corail	13	0,2	8	13	0,1		91	43
21	juil-04	Extrémité sud du merlon	7	0,1	19	13	0,2		17	55
20	juil-04	Tombant à corail	14	0,1	14	16	0,2		153	47
19	juin-03	Secteur rejet UPTER	13	0,4	59	37	0,6	28	76	185
18	juin-03	Musée océanographique	12	0,1	50	12	0,2	25	26	61
17	juil-01	Beach	7	<1,2	<40	<40	<0,4		<10	<40
16	juil-01	Devant Fontvieille	6	<1,2	43	<40	<0,4		23	76,5
15	juil-01	Baie de Monaco	10	<1,2	<40	<40	<0,4		28	64,5
14	juil-01	Face Port Hercule	10	<1,2	<40	<40	<0,4		28	59,1
13	juil-00	Extérieur du port Hercule	7	<2	<40	<40	<1		<40	<40
12	juil-00	Intérieur Port de Fontvieille	12	<2	<40	50	<1		120	239
11	juil-00	Intérieur du port Hercule	10	<2	<40	<40	<1		<40	170
10	juil-00	Entrée du port Hercule	15	<2	<40	76	<1		68	146
9	juil-00	Extérieur Port de Fontvieille	7	<2	<40	<40	0,2		56	128
8	juil-00	Entrée du Port de Fontvieille	10	<2	121	45	<1		62	121
7	nov-99	Terre-plein digue du large	11	0,1	32	17,1	0,4	15,6	55,1	48,4
6	nov-99	Terre-plein digue du large	13	0,1	37	17,4	0,4	17	47,8	41,1
5	nov-99	Terre-plein digue du large	14	0,1	45	12,4	0,1	19,8	20,6	35,6
4	nov-99	Terre-plein digue du large	14	0,1	45	15,7	0,2	23	48,4	34,4
3	nov-99	Terre-plein digue du large	14	0,1	40	16	0,4	20	44,1	32,8
2	nov-99	Terre-plein digue du large	14	0,1	21	9,66	0,2	9,4	20,7	32,4
1	nov-99	Terre-plein digue du large								

Concentration en polychlorobiphényle (PCB) dans les sédiments

N°	DATE	Localisation	PCB-Congénère						
			28	52	101	118	138	153	180
			(µg/ Kg)	(µg/ Kg)	(µg/ Kg)	(µg/ Kg)	(µg/ Kg)	(µg/ Kg)	(µ g / Kg)
41	nov-10	Face Parking Pêcheurs	<1,0	1,3	7,7	<1,0	5,0	2,3	1,3
40	nov-10	Haut fond Larvotto	<1,0	<1,0	2,1	<1,0	1,5	<1,0	<1,0
39	nov-10	Large Portier	<1,0	<1,0	1,5	<1,0	2,0	<1,0	<1,0
38	nov-10	Haut fond Larvotto	<1,0	<1,0	1,8	<1,0	1,1	<1,0	<1,0
37	déc-09	Fontvieille Hélicoptère -50m	0,6	3,9	12,7	11,0	18,3	14,6	7,2
36	déc-09	Fontvieille Hélicoptère -40m			2,0	2,3	2,8	2,5	1,1
35	juil-07	Portier	0,2	0,2	0,6	0,1	0,6	0,6	0,2
34	juil-07	Limite sud Larvotto	0,4	0,7	1,7	1,1	2,4	2,2	1,0
33	juin-06	Musée océanographique	2,5	29,9	13,9	14,0	22,6	18,4	3,7
32	juin-06	Avant-port	4,3	10,5	6,5	12,1	10,7	7,8	0,3
31	juin-06	Crepine AIEA	1,2	1,8	1,0	91,0	1,6	1,3	0,6
30	juin-06	Fort Antoine	5,8	15,3	9,3	7,4	6,1	7,3	1,3
29	juin-06	Secteur rejet UPTER	19,8	45,7	35,3	31,1	70,6	50,0	19,1
28	juin-06	Portier Larvotto 1	1,3	1,4	2,0	2,9	3,3	3,3	1,4
27	juin-06	Portier Larvotto 2	1,0	2,0	2,1	2,8	4,1	3,8	1,5
26	juin-06	Zone entre Portier et Larvotto	1,6	3,8	2,8	3,3	4,2	4,2	1,8
25	juin-06	Zone entre Portier et Larvotto	1,4	3,4	2,7	2,8	3,9	3,9	1,5
24	juin-06	Zone entre Portier et Larvotto	1,5	2,3	2,6	3,1	3,6	3,6	1,2
23	juil-05	Musée océanographique	1,6	1,9	5,3	1,9	4,4	3,6	1,3
22	juil-05	Tombant à corail	1,4	0,9	5,4	2,7	7,2	5,8	6,1
21	juil-04	Extrémité sud du merlon							
20	juil-04	Tombant à corail							
19	juin-03	Secteur rejet UPTER	11,4	167,8	279,9	358,0	304,4	241,0	104,8
18	juin-03	Musée océanographique	1,1	6,9	7,6	7,9	5,3	4,6	1,6
17	juil-01	Beach	< 20	< 10	< 10	< 10		< 10	< 10
16	juil-01	Baie de Monaco	< 20	< 10	< 10	< 10		< 10	< 10
15	juil-01	Devant Fontvieille	< 20	< 10	< 10	< 10		< 10	< 10
14	juil-01	Face Port Hercule	< 20	< 10	< 10	< 10		< 10	< 10
13	juil-00	Intérieur du port Hercule							
12	juil-00	Entrée du port Hercule							
11	juil-00	Extérieur du port Hercule							
10	juil-00	Intérieur Port de Fontvieille							
9	juil-00	Entrée du Port de Fontvieille							
8	juil-00	Extérieur Port de Fontvieille							
7	nov-99	Terre-plein digue du large		0,15	0,34	0,33	0,59	0,56	0,33
6	nov-99	Terre-plein digue du large		0,02	0,06	0,05	0,07	0,07	0,03
5	nov-99	Terre-plein digue du large		0,01	0,03	0,02	0,03	0,03	0,01
4	nov-99	Terre-plein digue du large		0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
3	nov-99	Terre-plein digue du large		0,04	0,12	0,09	0,24	0,23	0,18
2	nov-99	Terre-plein digue du large		0,04	0,09	0,10	0,13	0,12	0,05
1	nov-99	Terre-plein digue du large		0,07	0,18	0,19	0,38	0,36	0,19

Tableau 6.2

2.2 Surveillance dans les organismes vivants

L'intérêt d'utiliser des organismes vivants dans le cadre d'une surveillance des niveaux de contamination est multiple :

- Les organismes vivants et notamment les moules (mollusques filtreurs) accumulent les polluants souvent présents dans l'eau à des concentrations qui se situent sous les limites de détection.
- L'accumulation par les organismes vivants permet d'estimer une éventuelle pollution durant une période donnée et représente la pression chimique générale exercée sur une zone précise.
- La mesure des polluants dans le biota permet de cibler les contaminants dits « biodisponibles », dont l'adsorption et l'accumulation dans les êtres vivants sont les plus importantes.

Les mesures dans les organismes filtreurs comme les moules en Principauté de Monaco (Digue de Fontvieille) ont débuté en 1989 pour les métaux lourds. Cette surveillance s'est étendue à d'autres polluants persistants comme les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), les Pesticides du type dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT) et les Polychlorobiphényles (PCB).

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

HAP	2006 µg/kg	2005 µg/kg	2004 µg/kg	2003 µg/kg	2009 µg/kg	2010 µg/kg
Naphtalène	28	19	15	3	34	5
Acénaphtylène	10	10	26	1	87	1
Acénaphène	10	10	10	1	10	1
Fluorène	10	10	10	1	10	124
Phénanthrène	58	15	45	23	32	10
Anthracène	10	10	10	1	10	1
Fluoranthène	21	10	32	12	57	9
Pyrène	76	10	79	12	36	7
Benzo (a) anthracène	10	10	10	4	14	10
Chrysène	21	10	20	6	15	23
Benzo (b) fluoranthène	10	10	10	8	23	15
Benzo (k) fluoranthène	10	10	10	4	12	4
benzo (a) pyrène	10	10	10	3	19	1
Dibenzo (a,h) anthracène	10	10	10	12	10	5
Benzo (g,h,i) pérylène	10	10	10	1	17	5
Indeno (1,2,3,cd) pyrène	10	15	23	3	22	5

Tableau 6.3

Concentration en Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) dans les organismes vivants

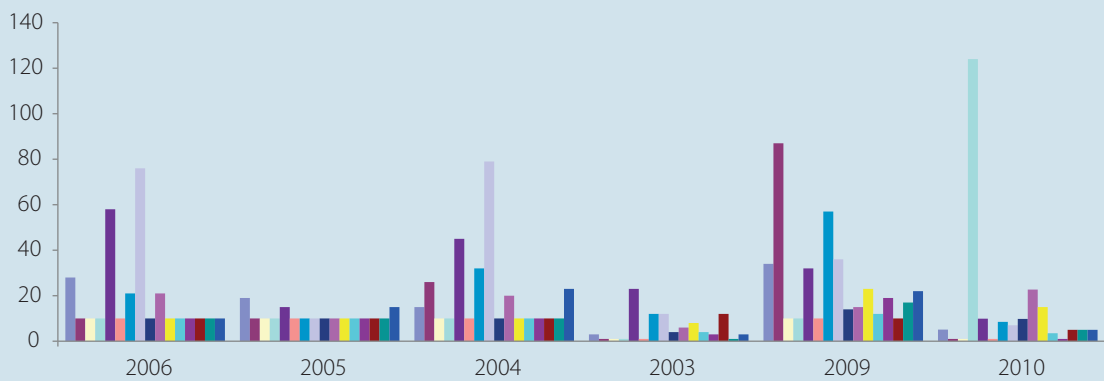
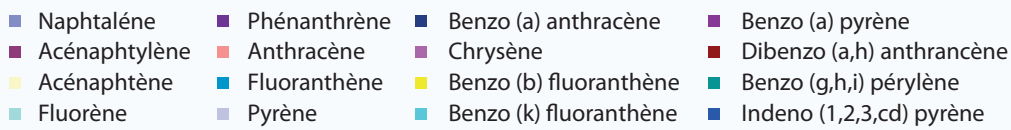


figure 6.1

Concentration en Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) dans les organismes vivants



Polychlorobiphényles (PCB)

PCB (µg/kg)	2006	2005	2004	2003	2009	2010
Congénère 28	1,1	3,1	1,3	3,1	10,8	1,0
Congénère 52	18,1	3,8	3,2	3,1	13,1	2,4
Congénère 101	67,7	8,7	7,0	19,6	27,3	11,6
Congénère 118	19,5	5,8	7,3	6,6	38,5	4,4
Congénère 138	50,6	10,9	6,8	7,8	16,3	21,2
Congénère 153	70,1	6,4	23,4	10,7	12,1	15,9
Congénère 180	13,5	1,9	0,3	1,8	1,9	2,1

Tableau 6.4

Concentration en polychlorobiphényles (PCB) dans les organismes vivants

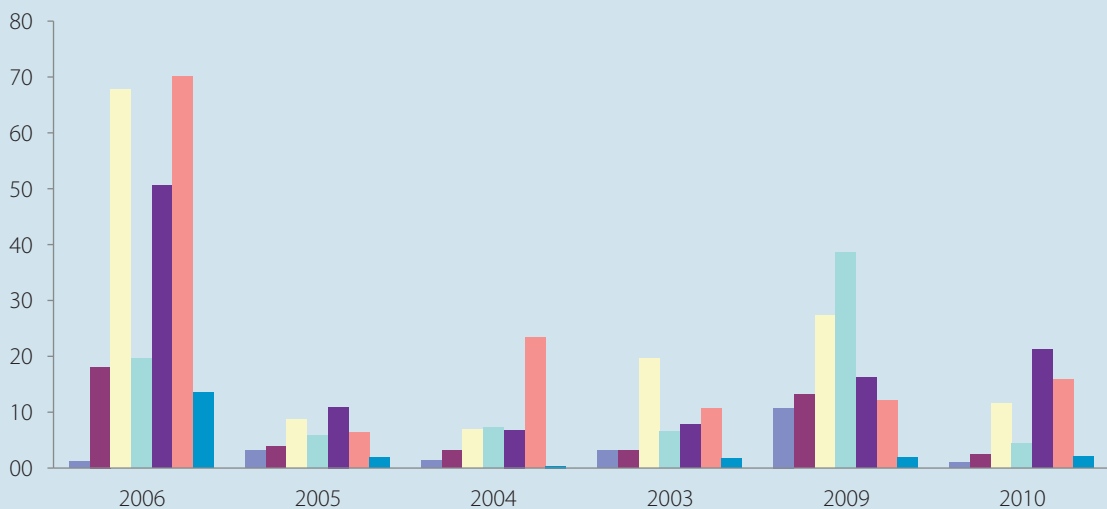


figure 6.2

Concentration en polychlorobiphényles (PCB) dans les organismes vivants



Années	Cadmium mg/kg	Cuivre mg/kg	Mercure mg/kg	Plomb mg/kg
1989	1,1	5,8	0,1	2,0
1990	1,1	6,8	0,1	3,1
1991	1,3	6,7	0,3	1,3
1991	1,2	8,6	0,1	3,3
1992	1,0	7,8	0,1	3,3
1993	1,4	7,0	0,1	1,6
1994	1,6	5,5	0,2	2,8
1995	1,0	8,3	0,1	2,1
1996	1,2	5,9	0,1	1,7
1997	1,5	4,9	0,1	0,9
2003	0,3	7,1	0,1	0,1
2004	0,4	5,4	0,4	0,3
2005	0,7	4,9	0,1	1,7
2006	0,5	5,6	0,2	1,6
2009	0,7	3,7	0,1	1,6
2010	1,0	22,9	0,2	2,7

Tableau 6.5

Concentration en métaux dans les organismes vivants

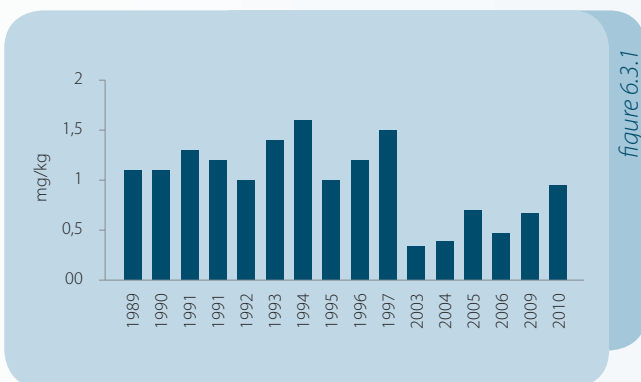


figure 6.3.1

Cadmium

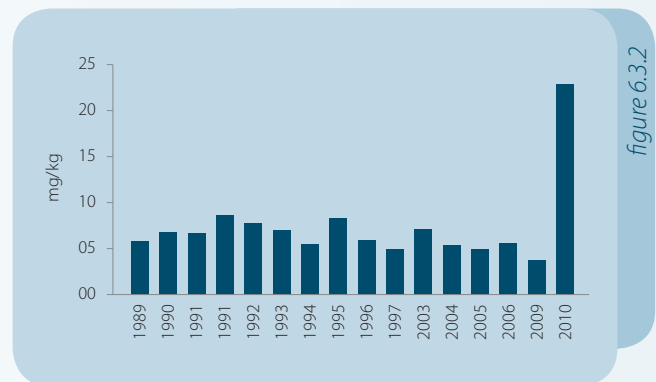


figure 6.3.2

Cuivre

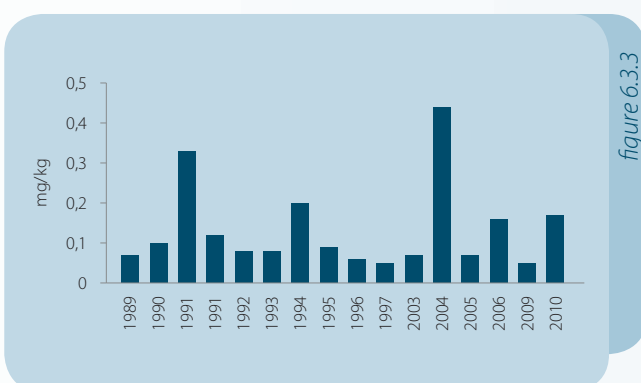


figure 6.3.3

Mercure

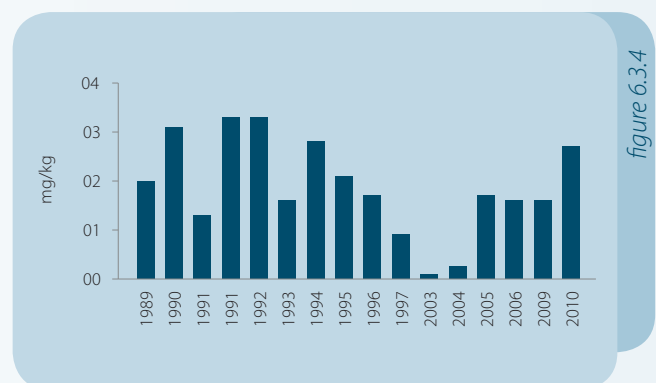


figure 6.3.4

Plomb

2.3 Accumulateur biologique : Réseau d'INtégrateur BIologiques 2006 (RINBIO)

La connaissance de la qualité chimique des masses d'eau entre dans le cadre de l'application de la Directive Européenne Cadre sur l'eau de 2000.

L'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse et l'IFREMER (Institut Français pour la Recherche et l'Exploitation de la Mer), organisent tous les trois ans un programme de surveillance de la qualité du milieu par l'intermédiaire d'accumulateurs biologiques.

Étendu sur l'ensemble du littoral méditerranéen français, ce réseau offre l'avantage de fournir une information homogène des niveaux de contamination sur de larges zones géographiques.

Ce réseau s'est également développé à l'échelle régionale et a permis pour la première fois de dresser une carte homogène des niveaux de contamination observés à l'échelle de la Méditerranée Occidentale (Programme européen MYTILOS)*.

La Direction de l'Environnement a participé à la session 2006 de ce programme en accueillant 3 points de mesure sur le littoral de la Principauté.

Les moules font partie des bio-indicateurs. Ces organismes révèlent par leur présence, leur absence ou leur comportement démographique, les caractéristiques et l'évolution d'un milieu.

En filtrant l'eau de mer, ces organismes concentrent différentes substances présentes dans l'environnement marin (métaux, hydrocarbures, solvants). Après un séjour de plusieurs mois dans l'eau, les niveaux mesurés dans les organismes sont le reflet de l'état chronique du milieu.

*** Mytilos : développement d'un réseau interrégional de surveillance de la qualité des eaux côtières par des biointégrateurs (moules) pour la protection de la Méditerranée Occidentale.**

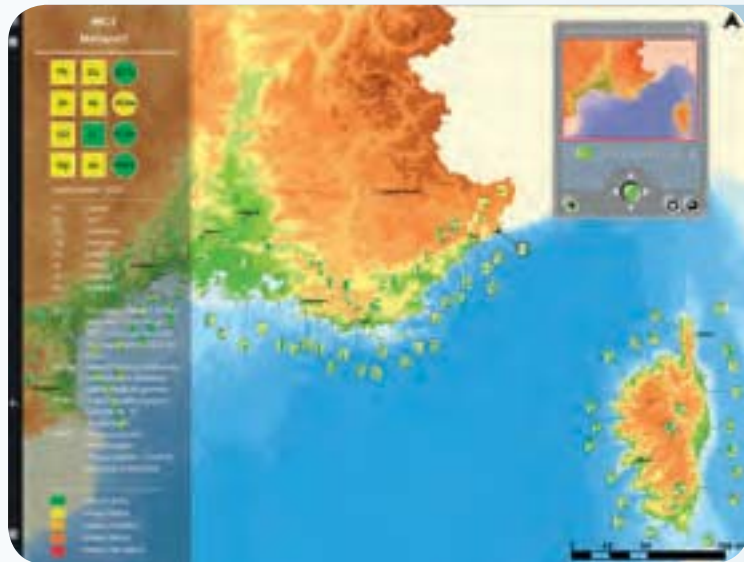


photographie 6.1

Plongeur manipulant une « poche de moules » © IFREMER

De plus amples renseignements sont disponibles sur les sites du Programme Mytilos (<http://mytilos.tvt.fr/>) de l'IFREMER (<http://www.ifremer.fr/envlit/>) et de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse (<http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/>)

Points de mesure
du Programme RINBIO
(littoral français)
et MYTILOS
(littoral méditerranéen)
© IFREMER.



Cartographie 6.2.1



Cartographie 6.2.2

Points de mesure
du Programme RINBIO
sur le littoral de Monaco

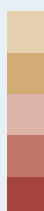


Cartographie 6.3

Paramètres	Points de mesures		
	MC1	MC2	MC3
Positionnement			
Profondeur	51	60	51,5
Longitude_dd_w84	7,42235	7,42867	7,44495
Latitude_dd_w84	43,71953	43,72823	43,74225
Nombre d'individus	17	17	16
Indices généraux			
Poid sec en g (PS)	15,42	15,72	13,57
Poid coquille en g (PC)	114,4	121,3	109,6
PS/PC	0,13	0,13	0,12
Taille de la coquille (HCOQ) en mm	233	231	220
Matières grasses %	3,2	8,4	14,1
Métaux			
Cadmium (mg/kg)	0,9	0,9	0,9
Chrome total (mg/kg)	0,5	0,5	0,5
Cuivre (mg/kg)	4,2	4,3	4,3
Mercure (mg/kg)	0,08	0,08	0,07
Nickel (mg/kg)	1	1,4	1,1
Plomb (mg/kg)	1,4	1,5	1,6
Zinc (mg/kg)	139	129	131
Arsenic (mg/kg)	23	19,9	22
DTT et métabolites			
pp' DDE (µg/kg)	4,1	2,8	2,2
pp' DDT (µg/kg)	0,5	0,5	0,5
pp' DDD (µg/kg)	1,2	0,5	0,5
Hexachlorocyclohexanes			
Alpha HCH (µg/kg)	0,5	0,5	0,5
Beta HCH (Lindane) (µg/kg)	1,7	0,5	0,5
Gamma HCH (Lindane) (µg/kg)	0,5	0,5	0,5
Polychlorobiphényles			
Congénère 138 (µg/kg)	0,5	0,5	1,1
Congénère 153 (µg/kg)	3,2	2,2	2,4
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques			
Naphtalène (µg/kg)	0,5	0,5	0,5
Acénaphtalène (µg/kg)	5	5	5
Acénaphtène (µg/kg)	0,5	0,5	0,5
Fluorène (µg/kg)	4,1	1,8	1,8
Phénanthrène (µg/kg)	7,7	3,2	3,1
Anthracène (µg/kg)	0,5	0,5	0,5
Fluoranthène (µg/kg)	4,2	1,9	2,9
Pyrène (µg/kg)	1,4	1,2	1,2
Benzo(a)anthracène (µg/kg)	0,5	0,5	0,5
Chrysène (µg/kg)	1,5	0,5	1,5
Benzo (b) fluoranthène (µg/kg)	0,5	0,5	0,5
Benzo (k) fluoranthène (µg/kg)	0,5	0,5	0,5
Benzo (a) pyrène (µg/kg)	2,4	0,5	2,3

Résultats
de la campagne RINBIO
2006 sur les sites
monégasques
et interprétation
de la qualité
de la masse d'eau.

Niveaux de bases
Niveaux faibles
Niveaux modérés
Niveaux élevés
Niveaux très élevés



3. Hydrologie des eaux côtières

La surveillance de l'état et de la qualité du milieu marin est établie à partir d'un réseau de suivi de paramètres hydrologiques, base indispensable à la connaissance et à la caractérisation globale du système aquatique.

— 3.1 Programme de surveillance

Dans le cadre de ce suivi, des prélèvements d'eau de mer sont effectués à -3 mètres de profondeur, à une fréquence mensuelle, sur un réseau de 6 stations fixes dans la baie de Monaco.

Une première série de mesures, issue de 111 missions couvrant la période de 1996 à 2007, a été réalisée sur les stations suivantes :

- 3 stations de prélèvements (II, IV, V) ont des caractéristiques littorales proches des sources potentielles de pollution. La station IV, se situant pendant des années en zone côtière, a par la suite été incluse dans la zone de l'avant Port, suite à l'agrandissement du Port de la Condamine.
- 3 stations côtières (IX, X et XIII) sont situées dans la partie centrale de la baie, considérée comme zone de référence du champ moyen.

En 2007, ce réseau a été modifié pour permettre d'assurer le suivi des caractéristiques hydrologiques sur des zones d'intérêt écologique proches de la côte.

Cette seconde série de mesures compte depuis 2007, 11 missions de surveillance sur les stations suivantes :

- **1 station de référence** (REF), située dans la partie centrale de la baie, est considérée comme zone de référence du champ moyen au même titre que les stations IX,X et XII opérées durant la première série de mesure.
- **3 stations de prélèvements côtières Saint-Nicolas** (SN), Tombant coralligène des Spélugues (TS) et Réserve marine du Larvotto (RL) représentant des stations littorales placées sur des zones d'intérêt écologique.
- **2 stations portuaires** qui se situent dans les zones confinées et semi confinées du Port de la Condamine (PC, AP) et sont représentatives d'un milieu modifié par la diminution du renouvellement des eaux. La station AP assure la continuité des mesures du site IV situé dans l'avant-port de la Condamine.

Parallèlement, la température de l'eau de mer est relevée automatiquement (toutes les heures) et à différentes profondeurs (5-10-15-20-25-35 mètres) sur la zone d'intérêt écologique que constitue le tombant des Spélugues.



Points de mesure du programme de surveillance de la qualité hydrologique des eaux côtières

3.2. Paramètres mesurés

Dans le cadre de ce suivi, des prélèvements d'eau de mer sont effectués à -3 mètres de profondeur à une fréquence mensuelle sur un réseau de 6 stations fixes dans la baie de Monaco.

Les analyses mises en œuvre par ce réseau sont établies en fonction des paramètres hydrologiques généraux et de surveillance de l'enrichissement.

Les paramètres mesurés sont les suivants :

- Température
- Salinité
- Oxygène dissous
- Chlorophylle
- Transparence des eaux (Transparence Secchi et Transparence néphélogométrique)
- Matières en suspension
- pH
- Éléments nutritifs azotés (nitrates, nitrites, ammonium)
- Contamination bactérienne

■ 3.2.1 Température

La température est un des descripteurs de base pour la connaissance du milieu marin.

Ce paramètre influe directement sur d'autres paramètres physiques comme la salinité, la saturation des gaz dissous, mais également au niveau biologique sur la répartition des espèces et l'activité biologique dont dépend la production totale.

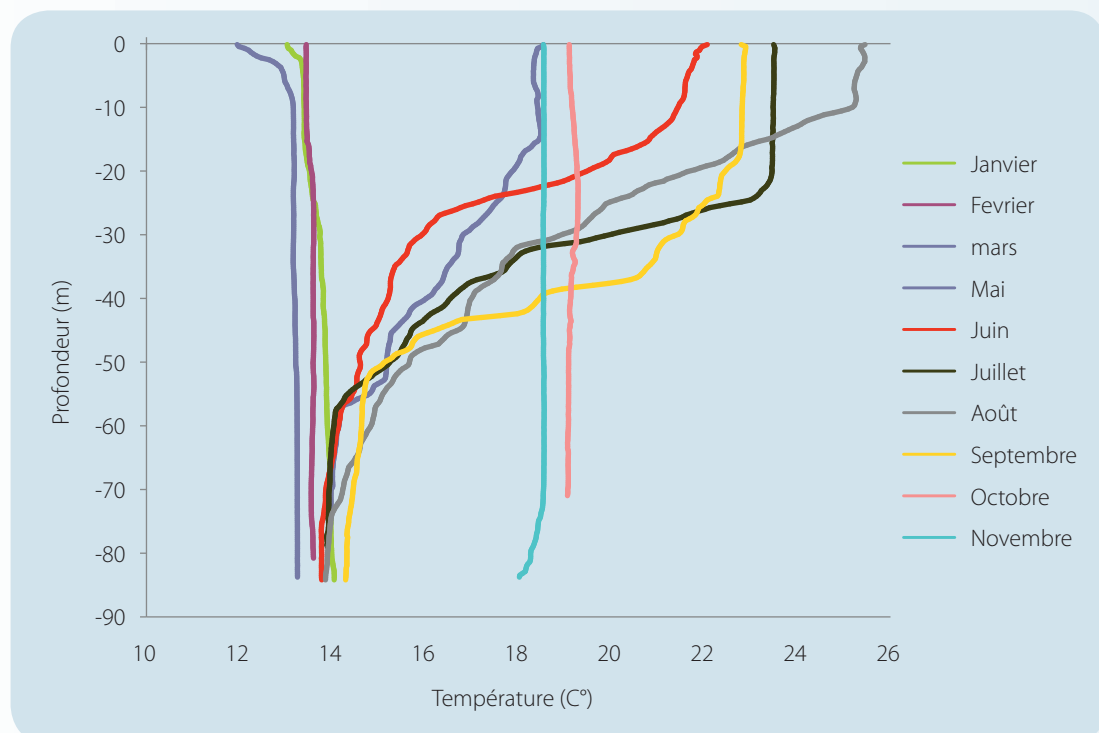
La température de l'eau de mer en méditerranée varie principalement en fonction de deux paramètres : les saisons et la profondeur.

Ainsi, en hiver la température est homogène sur l'ensemble de la colonne d'eau entre 12 et 14 degrés suivant les conditions climatiques.

Au printemps il s'opère un réchauffement des couches proche de la surface, alors que l'élévation de la température des couches plus profondes augmente plus lentement. Ce phénomène provoque l'apparition d'une zone de transition thermique rapide, la thermocline, qui va progressivement marquer une frontière entre les eaux chaudes de surfaces et les eaux froides de profondeur.

En été, les couches de surfaces se réchauffant, la thermocline descend en profondeur (de -20 jusqu'à parfois -50mètres) et montre un gradient de température de plus en plus marqué.

À partir de l'automne, la colonne d'eau va s'homogénéiser et la température va descendre progressivement jusqu'à la température d'hiver.



Le graphique suivant représente l'évolution des températures de la colonne d'eau relevées en Principauté pendant une année

Les graphiques suivants montrent les variations des températures mesurées en continu et à différentes profondeurs sur le Tombant des Spélugues.

Profondeur	Température moyenne annuelle en °C					
	-5	-10	-15	-20	-25	-35
2006		18,17	17,98	17,67	17,28	16,38
2007	18,54	18,21	17,97	17,77	17,14	16,43
2008	18,32	18,06	17,80	16,96	16,28	
2009		18,46	18,23	17,76	17,38	16,70
2010	18,07	17,69	17,39	17,09	16,69	15,89

Tableau 6.7

Variation de la température moyenne annuelle sur le tombant coralligène des Spélugues en fonction des profondeurs de 2006-2010

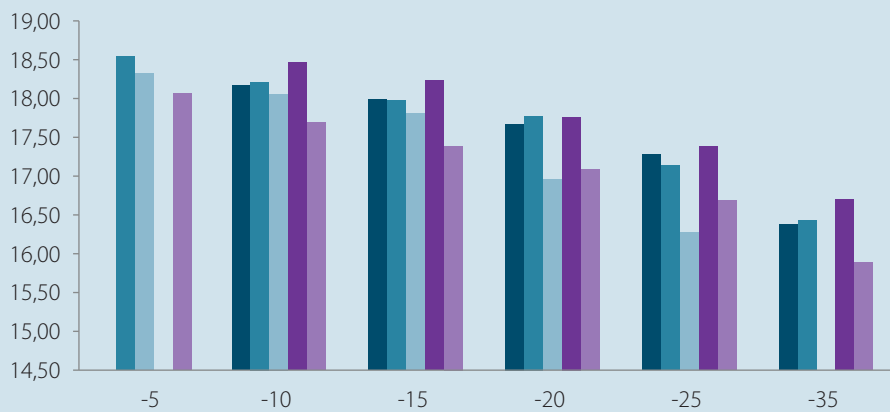


figure 6.4

Variation de la température moyenne annuelle sur le tombant coralligène des Spélugues en fonction des profondeurs de 2006 à 2010

■ 2006 ■ 2007 ■ 2008 ■ 2009 ■ 2010

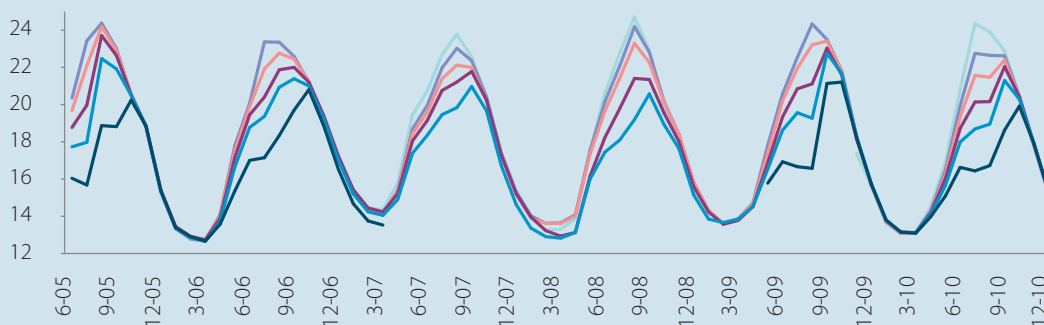


figure 6.5

Variation annuelle de la température sur le tombant coralligène des Spélugues en fonction des profondeurs 2006-2010

— -5 — -10 — -15 — -20 — -25 — -35

Profondeur	Moyenne en °C			
	-10	-15	-20	-25
janvier	14,1	14,1	14,2	13,9
février	13,5	13,5	13,5	13,4
mars	13,5	13,5	13,4	13,3
avril	14,5	14,4	14,2	14,1
mai	17,7	17,4	16,9	16,4
juin	20,1	19,7	19,0	18,2
juillet	22,5	21,7	20,4	19,0
août	23,5	22,6	21,2	19,6
septembre	22,8	22,5	22,0	21,4
octobre	20,8	20,8	20,6	20,3
novembre	18,2	18,2	18,1	17,9
décembre	15,8	15,8	15,8	15,6

Tableau 6.8

Variation mensuelle des températures sur le tombant coralligène des Spélugues en fonction des profondeurs de 2006-2010

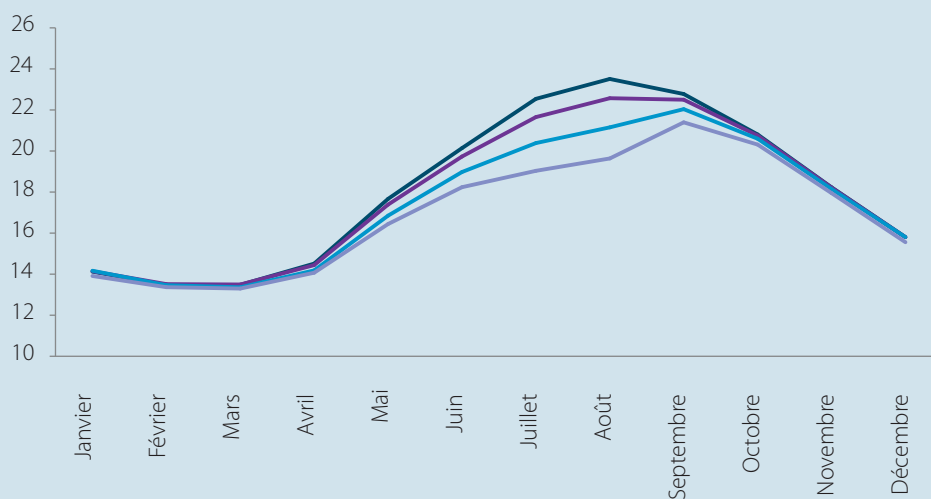


figure 6.6

Variation mensuelle moyenne des températures sur le tombant coralligène des Spélugues en fonction des profondeurs de 2006-2010

— -10 — -15 — -20 — -25

■ 3.2.2 Salinité

En océanographie, la salinité est utilisée dans la caractérisation des masses d'eau. Cette caractéristique de l'eau de mer est exprimée en PSU (Practical Salinity Unit).

En milieu côtier, la salinité est principalement utilisée pour tracer les apports en eau continentale ou les apports anthropiques.

	Moyenne par zone		
	Sites de référence (REF, X, XIII, IX)	Sites côtiers (SN,RL,TS)	Zone portuaire (AP,PC)
Moyenne	37,96	37,86	37,82
Minimale	36,32	36,55	35,51
Maximale	38,58	38,80	38,40

Tableau 6.9

Salinité observée sur les sites de la Principauté (exprimée en PSU)

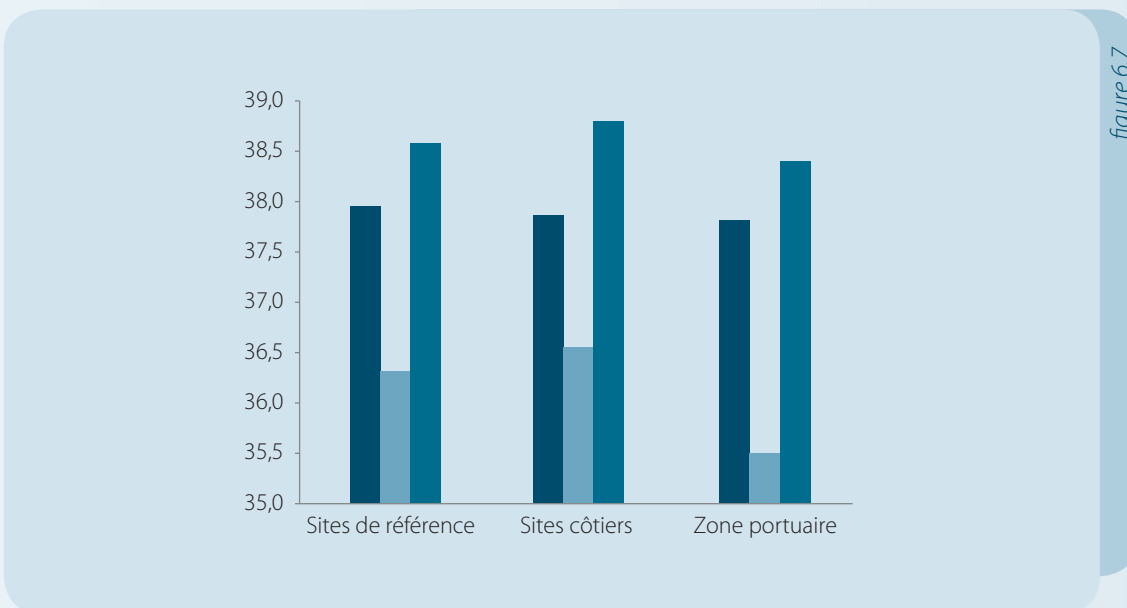


figure 6.7

Salinité observée sur les sites de la Principauté (exprimée en PSU)

■ Moyenne ■ Minimale ■ Maximale

La moyenne de la salinité sur les sites de référence est de 37.96 PSU.

Les sites littoraux montrent une salinité plus faible témoignant des apports telluriques. Les valeurs plus basses (salinité <37 PSU), sont la conséquence d'épisodes pluvieux importants et peuvent être également observées sur les sites de référence montrant l'influence des fleuves côtiers comme celui de la Roya.

	Moyenne mensuelle et par zone		
	Sites de référence (REF, X, XIII, IX)	Sites côtiers (SN,RL,TS)	Zone portuaire (AP,PC)
	PSU	PSU	PSU
janvier	37,96	37,85	37,91
février	37,95	37,86	37,90
mars	37,92	37,86	37,93
avril	37,80	37,74	37,78
mai	37,73	37,64	37,72
juin	37,85	37,67	37,77
juillet	38,00	37,92	37,95
août	38,12	38,05	38,07
septembre	38,19	38,12	38,13
octobre	37,95	37,86	37,91
novembre	37,91	37,88	37,91
décembre	37,96	37,86	37,95

Tableau 6.10

Variation mensuelle de la salinité (exprimée en PSU)

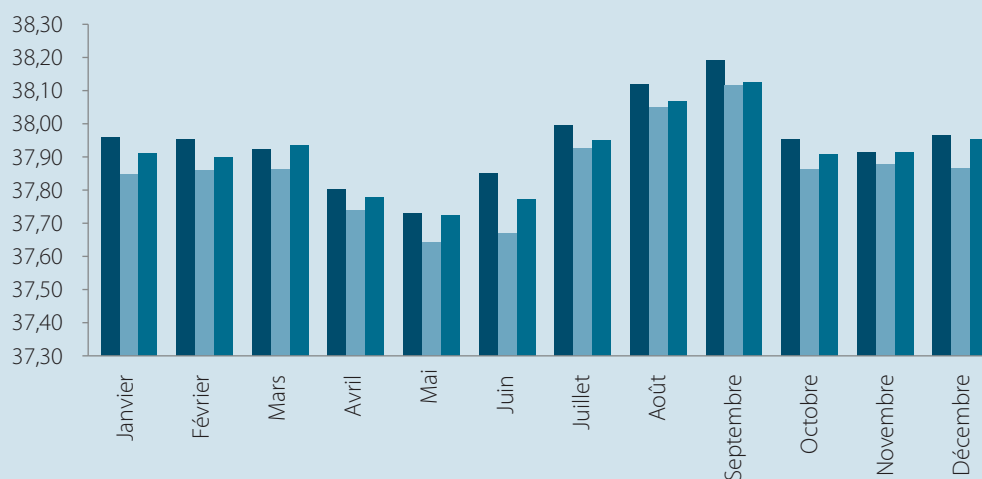


figure 6.8

Variation mensuelle de la salinité (exprimée en PSU)

■ Sites de référence ■ Sites côtiers ■ Zone portuaire

■ 3.2.3 Oxygène dissous

L'oxygène dissous intervient dans la plupart des processus biologiques permettant la vie marine. En son absence ou en dessous de certaines concentrations, les caractéristiques de l'écosystème marin peuvent considérablement être modifiées.

L'oxygène étant plus soluble à froid qu'à chaud, des variations saisonnières sont observées, ainsi la saturation en oxygène, plus basse l'été, aura tendance à accroître le risque potentiel d'anoxie du milieu.

	Moyenne par zone en ml/l		
	Sites de référence (REF, X, XIII, IX)	Sites côtiers (SN,RL,TS)	Zone portuaire (AP,PC)
Moyenne	5,43	5,38	5,29
Minimale	3,95	3,55	3,14
Maximale	7,56	8,20	7,01

Tableau 6.11

Concentration en oxygène dissous observée sur les sites de la Principauté (exprimée en ml/l)

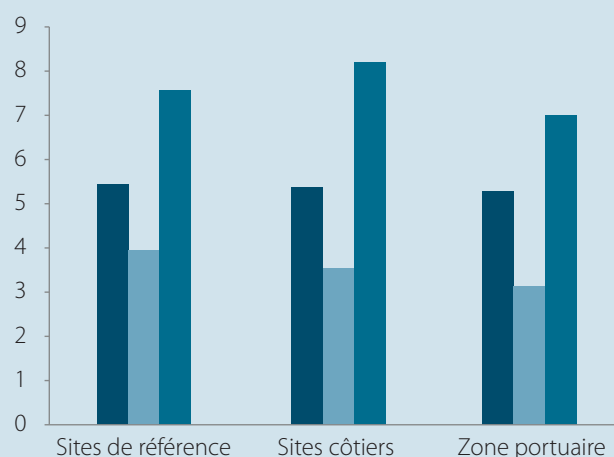


figure 6.9

Concentration en oxygène dissous observée sur les sites de la Principauté (exprimée en ml/l)

■ Moyenne ■ Minimale ■ Maximale

	Moyenne mensuelle et par zone en ml/l		
	Sites de référence (REF, X, XIII, IX)	Sites côtiers (SN,RL,TS)	Zone portuaire (AP,PC)
janvier	5,69	5,81	5,84
février	5,86	6,08	5,99
mars	5,88	5,92	5,77
avril	5,91	5,79	5,55
mai	5,46	5,50	5,49
juin	5,25	5,20	5,09
juillet	5,01	4,83	4,81
août	4,99	4,83	4,88
septembre	5,06	4,79	4,60
octobre	5,18	4,70	4,31
novembre	5,45	5,45	5,32
décembre	5,54	5,63	5,72

Tableau 6.12

Variation mensuelle de la concentration en oxygène dissous (exprimée en ml/l)

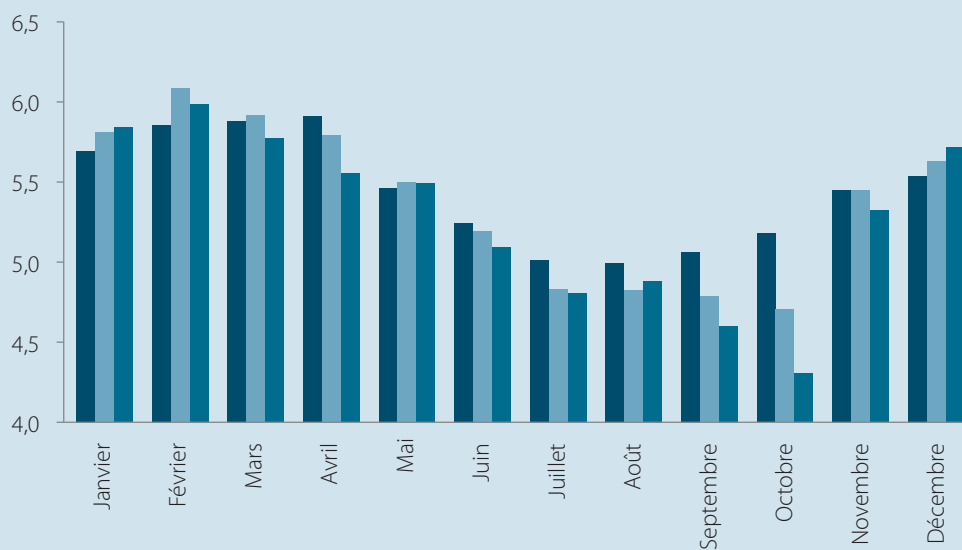


figure 6.10

Variation mensuelle de la concentration en oxygène dissous (exprimée en ml/l)

■ Sites de référence ■ Sites côtiers ■ Zone portuaire

■ 3.2.4 Chlorophylle

La chlorophylle représente la biomasse des microalgues (phytoplancton), organismes qui sont à la base de la chaîne alimentaire marine. La variation de la teneur en chlorophylle présente, en condition côtière, un développement printanier suivi d'un niveau plus faible en été, un regain en automne et des teneurs plus faibles en hiver.

Le cycle de variation de la chlorophylle est respecté sur la zone de référence où la teneur moyenne annuelle est de 0,23 µg/l. Les variations saisonnières montrent des teneurs très faibles en juillet, et de l'ordre de 0.8 µg/l pour les maxima observé au printemps.

	Moyenne par zone en µg/l		
	Sites de référence (REF, X, XIII, IX)	Sites côtiers (SN,RL,TS)	Zone portuaire (AP,PC)
Moyenne	0,23	0,26	0,51
Minimale	0,00	0,00	0,04
Maximale	0,83	0,88	3,60

Tableau 6.13

Concentration en chlorophylle observée sur les sites de la Principauté (exprimée en µg/l)

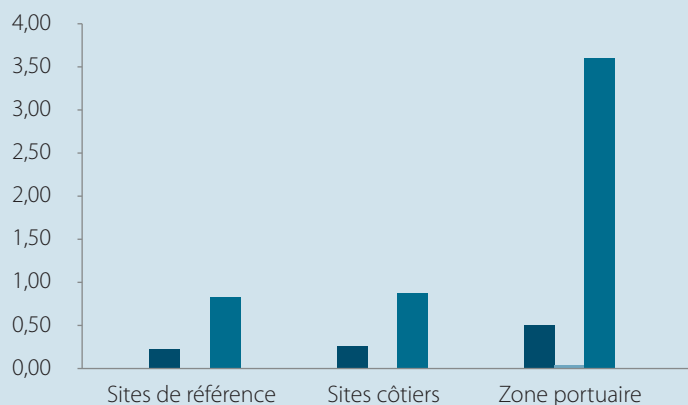


figure 6.11

Concentration en chlorophylle observée sur les sites de la Principauté (exprimée en µg/l)

■ Moyenne ■ Minimale ■ Maximale

	Moyenne mensuelle et par zone en µg/l		
	Sites de référence (REF, X, XIII, IX)	Sites côtiers (SN,RL,TS)	Zone portuaire (APPC)
janvier	0,32	0,32	0,37
février	0,33	0,33	0,33
mars	0,46	0,38	0,44
avril	0,32	0,30	0,36
mai	0,20	0,27	0,93
juin	0,13	0,26	0,73
juillet	0,10	0,17	0,70
août	0,11	0,22	0,65
septembre	0,12	0,18	0,71
octobre	0,19	0,19	0,27
novembre	0,23	0,23	0,28
décembre	0,24	0,21	0,21

Tableau 6.14

Variation mensuelle de la concentration en chlorophylle (exprimée en µg/l)

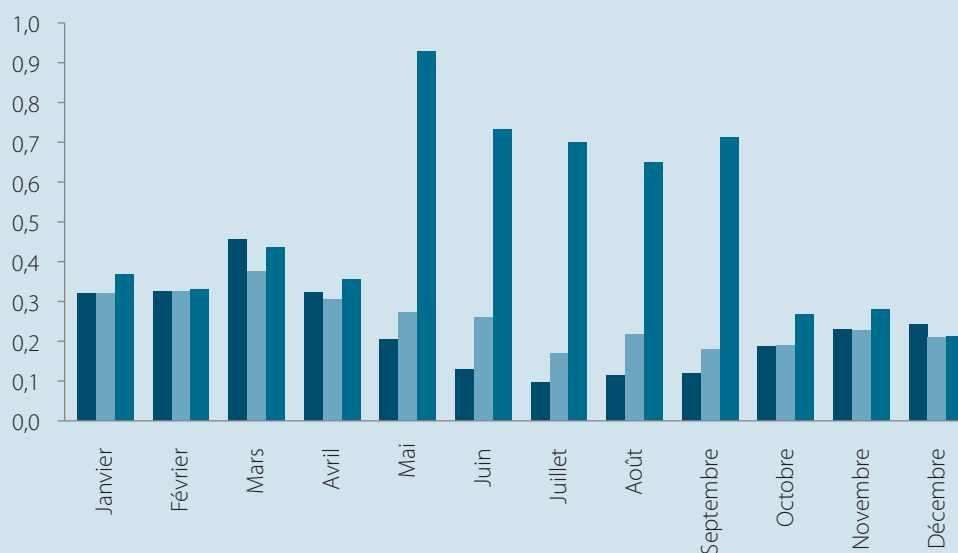


figure 6.12

Variation mensuelle de la concentration en chlorophylle (exprimée en µg/l)

■ Sites de référence ■ Sites côtiers ■ Zone portuaire

Dans les eaux portuaires, le cycle de variation saisonnière montre un développement plus important de la chlorophylle de mai à septembre. Cette augmentation est principalement la conséquence d'un renouvellement plus faible de l'eau, associé à une augmentation de la température et à l'apport en éléments nutritifs des activités portuaires.

■ 3.2.5 Transparence

La transparence intervient sur la quantité de lumière disponible pour le développement des végétaux aquatiques, autrement dit la production primaire. La turbidité correspond à cette caractéristique en se référant à l'opacité du milieu, due à la présence de matières en suspension.

Plusieurs méthodologies sont utilisées pour évaluer cette transparence qui n'est pas une notion absolue ou objective :

- Un paramètre de pénétration lumineuse en mètre, la Profondeur Secchi, mesuré in situ fournit une information de la transparence intégrée de l'ensemble des couches d'eau depuis la surface.
- La mesure par néphélogéométrie, au laboratoire, est basée sur la diffusion de la lumière par les particules en suspension.

Profondeur Secchi

Cette méthode consiste à déterminer la profondeur à laquelle un disque blanc de 30 cm (disque de Secchi) devient invisible à l'œil nu. On considère généralement qu'à la profondeur PS (Profondeur Secchi) le milieu reçoit environ 15% de l'intensité lumineuse de subsurface et que la limite euphotique équivaut à 2,5 x PS.

La transparence des eaux varie saisonnièrement sur la zone de référence, en fonction de la croissance du phytoplancton et des apports telluriques dus aux épisodes pluvieux. Ainsi, la saison où l'on rencontre les plus forts taux de pénétration lumineuse correspond à l'été, période pendant laquelle la transparence est généralement supérieure à 22 m. À l'inverse, au cours des périodes de printemps et d'automne, la transparence des eaux est plus faible et varie généralement entre 15 et 18 mètres.

La zone portuaire présente les eaux de moindre transparence, qui sont la conséquence des apports telluriques, des activités portuaires et de la croissance phytoplanctonique que l'on observe en été.

Les stations côtières montrent, dans la majeure partie des cas des Profondeurs Secchi inférieures aux sites de référence, conséquence du battage du trait de côte par la houle et de l'influence des apports telluriques.

	Moyenne par zone		
	Sites de référence (REF, X, XIII, IX)	Sites côtiers (SN,RL,TS)	Zone portuaire (AP,PC)
Moyenne	19	15	13
Minimale	3	1	3
Maximale	32	31	27

Tableau 6.15

Variation de la transparence Secchi sur la zone côtière (exprimée en mètres)

Variation de la transparence Secchi sur la zone côtière (exprimée en mètres)

- Moyenne
- Minimale
- Maximale

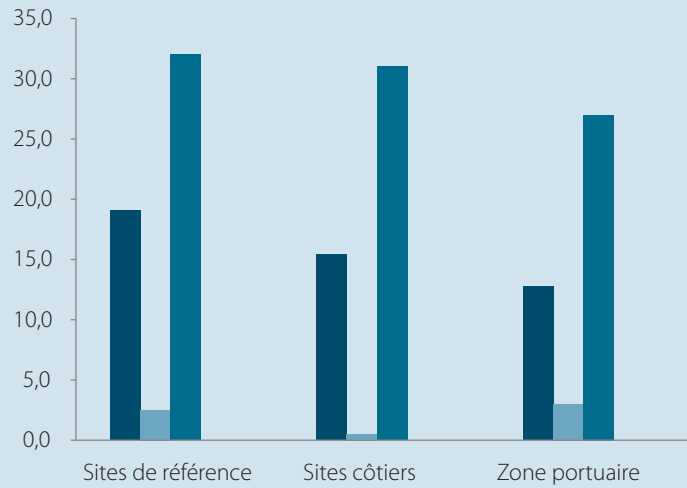


figure 6.13

	Moyenne mensuelle et par zone en mètre		
	Sites de référence (REF, X, XIII, IX)	Sites côtiers (SN,RL,TS)	Zone portuaire (AP,PC)
janvier	17,1	12,6	12,6
février	17,0	12,6	11,8
mars	14,7	12,5	11,0
avril	15,9	13,4	11,2
mai	17,7	14,5	13,6
juin	22,5	15,0	12,0
juillet	23,8	17,5	12,1
août	22,9	17,0	12,6
septembre	24,4	17,9	13,8
octobre	18,7	15,8	16,0
novembre	15,3	12,5	14,3
décembre	17,1	12,6	12,1

Tableau 6.16

Variation mensuelle de la transparence Secchi (exprimée en mètres)

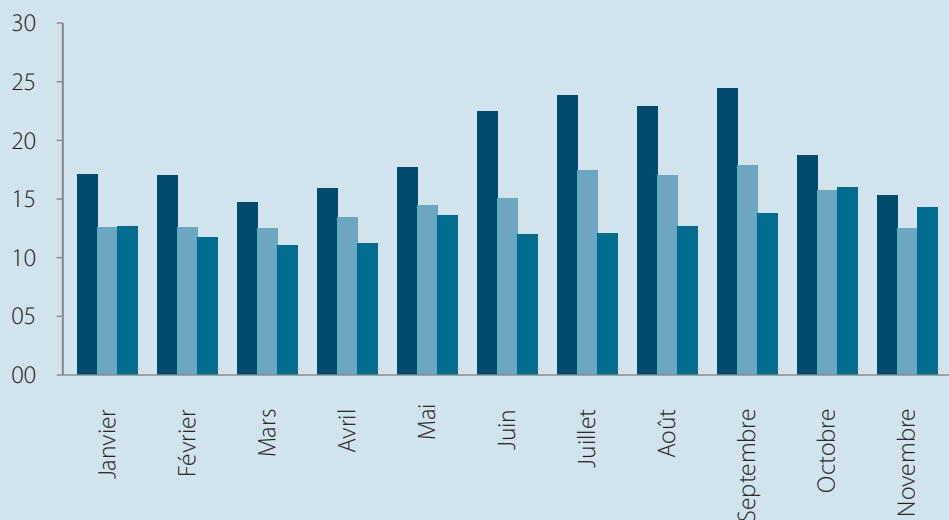


figure 6.14

Variation mensuelle de la concentration en chlorophylle (exprimée en µg/l)

- Sites de référence
- Sites côtiers
- Zone portuaire

Transparence néphéométrique

La valeur de la turbidité dans les eaux marines, exprimée en unité de turbidité néphéométrique (NTU), est inférieure à 0,1 NTU pour des eaux très peu chargées en matières en suspension et peut atteindre plusieurs dizaines de NTU pour des eaux estuariennes ou en cas de rejet important.

La turbidité des eaux marines côtières, variables suivant les sites et les régions, est généralement comprise entre 0,1 et 5 NTU.

Ces mesures de turbidité ont été initiées en janvier 2007 en complément de la mesure de pénétration lumineuse (Profondeur Secchi).

	Moyenne par zone en NTU		
	Sites de référence (REF, X, XIII, IX)	Sites côtiers (SN,RL,TS)	Zone portuaire (AP,PC)
Moyenne	0,21	0,29	0,37
Minimale	0,05	0,08	0,12
Maximale	0,94	1,66	0,91

Tableau 6.17

Variation de la transparence néphéométrique sur la zone côtière (exprimée NTU)

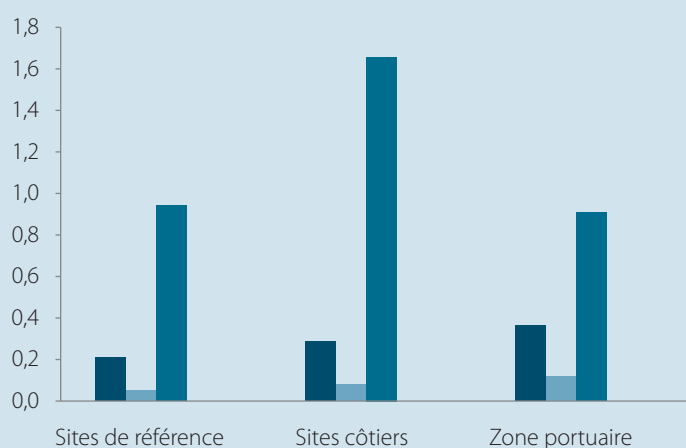


figure 6.15

Variation de la transparence néphéométrique sur la zone côtière (exprimée en NTU)

■ Moyenne ■ Minimale ■ Maximale

	Moyenne mensuelle et par zone en NTU		
	Sites de référence (REF, X, XIII, IX)	Sites côtiers (SN,RL,TS)	Zone portuaire (APP,C)
janvier	0,24	0,34	0,53
février	0,39	0,58	0,50
mars	0,40	0,44	0,46
avril	0,21	0,22	0,24
mai	0,19	0,27	0,40
juin	0,15	0,16	0,36
juillet	0,09	0,15	0,31
août	0,12	0,16	0,27
septembre	0,10	0,12	0,32
octobre	0,13	0,17	0,29
novembre	0,35	0,34	0,36
décembre	0,26	0,33	0,29

Tableau 6.18

Variation mensuelle de la transparence néphélométrique (exprimée en NTU)

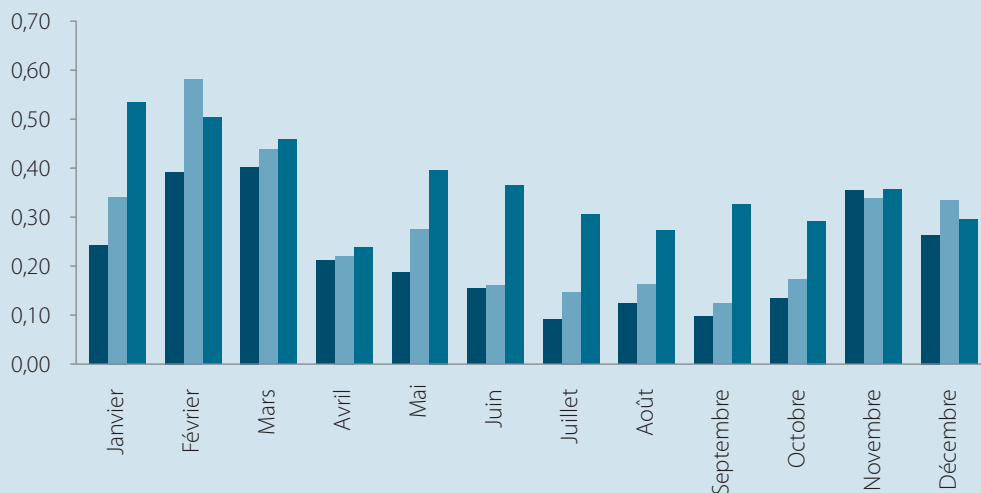


figure 6.16

Variation mensuelle de la transparence néphélométrique (exprimée en NTU)

■ Sites de référence ■ Sites côtiers ■ Zone portuaire

■ 3.2.6 Matières en suspension

Les eaux de mer contiennent des matières en suspension de tailles diverses sous formes minérales ou organiques. Leurs origines peuvent être biogéniques (bactéries, phytoplancton, zooplancton) ou terrigènes (érosion des côtes, apport des eaux de surfaces ou anthropiques).

La teneur en matières en suspension (MES) est liée à celle de la transparence des eaux. Cependant il est assez difficile d'établir une relation directe entre ces deux paramètres. L'information sur les matières en suspension donne également des indications concernant les taux de sédimentation potentiels que l'on peut rencontrer suivant les stations de mesure.

Les teneurs en matières en suspension relevées sont assez faibles et d'une manière générale ces résultats sont en accord avec les valeurs de transparence des eaux.

	Moyenne par zone en mg/l		
	Sites de référence (REF, X)	Sites côtiers (SN,RL,TS)	Zone portuaire (AP,PC)
Moyenne	0,64	0,78	1,02
Minimale	0,03	0,11	0,25
Maximale	2,21	3,61	5,80

Tableau 6.19

Variation de la teneur en matière en suspension sur la zone côtière (exprimée mg/l)

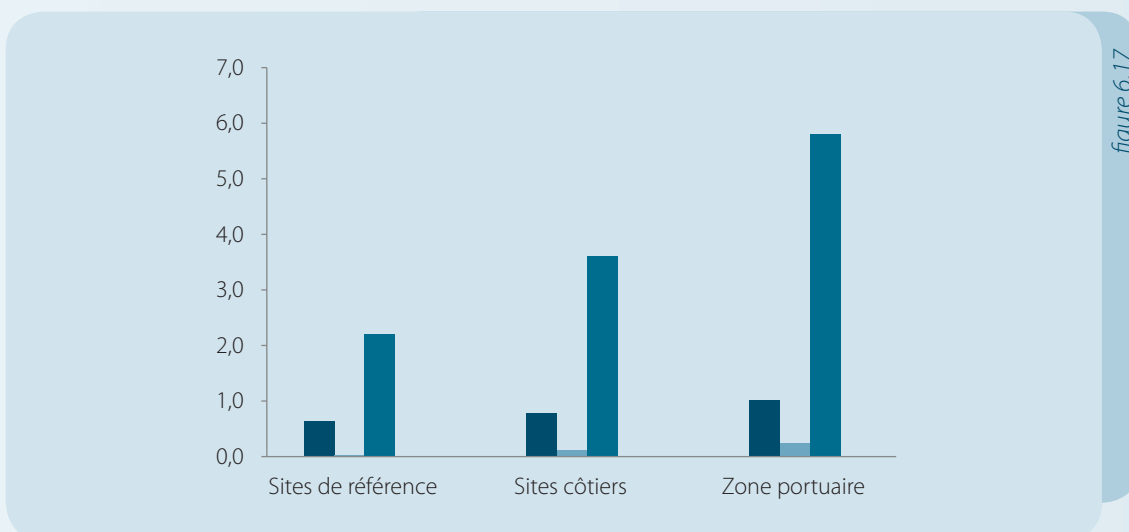


figure 6.17

Variation de la teneur en matière en suspension sur la zone côtière (exprimée mg/l)

■ Moyenne ■ Minimale ■ Maximale

	Moyenne mensuelle et par zone en mg/l		
	Sites de référence (REF, X)	Sites côtiers (SN,RL,TS)	Zone portuaire (APP,PC)
janvier	1,28	1,43	1,05
février	0,94	0,81	0,78
mars	0,33	0,62	0,51
avril	1,13	0,95	1,15
mai	0,37	1,01	1,65
juin	0,46	0,58	0,82
juillet	0,52	0,83	2,05
août	0,70	0,57	0,65
septembre	0,40	0,55	1,34
octobre	0,30	0,65	0,81
novembre	0,69	0,70	0,78
décembre	0,87	1,02	0,89

Tableau 6.20

Variation mensuelle de la teneur en matière en suspension (exprimée en mg/l)

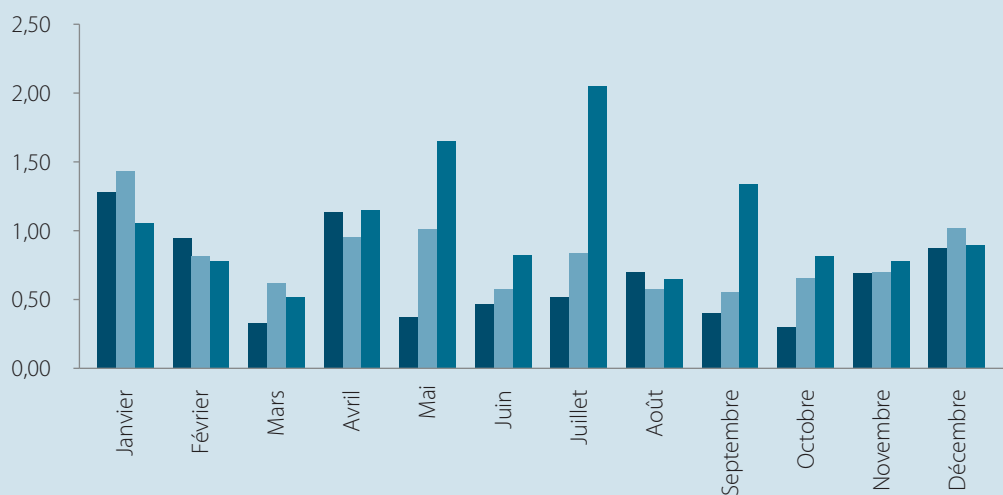


figure 6.18

Variation mensuelle de la teneur en matière en suspension (exprimée en mg/l)

■ Sites de référence ■ Sites côtiers ■ Zone portuaire

■ 3.2.7 pH

La mesure du pH est plus particulièrement utilisée dans les zones où les apports en eau douce ou en effluents sont importants.

Cependant, les variations du pH à la surface des océans sont également provoquées par le CO₂ d'origine atmosphérique. L'augmentation du CO₂ atmosphérique (principalement d'origine anthropique) induit une acidification des océans (diminution progressive du pH).

Ainsi, il a été estimé que du XVIII^{ème} siècle à nos jours, le pH des eaux superficielles des océans a diminué de 8,25 à 8,14. Sur la base des prévisions du GIEC, l'augmentation actuelle du taux de CO₂ dans l'atmosphère devrait encore diminuer le pH des eaux du globe de 8,14 à 7,8 d'ici la fin du siècle.

	Moyenne par zone		
	Sites de référence (REF)	Sites côtiers (SN,RL,TS)	Zone portuaire (AP,PC)
Moyenne	8,15	8,15	8,14
Minimale	8,10	8,10	8,10
Maximale	8,19	8,20	8,19

Tableau 6.21

Variation du pH sur la zone côtière



Variation du pH sur la zone côtière

■ Moyenne ■ Minimale ■ Maximale

■ 3.2.8 Éléments nutritifs azotés (nitrates, nitrites, ammonium).

Les éléments nutritifs sont des descripteurs hydrologiques indispensables à l'étude ou à la caractérisation d'un écosystème marin. Indirectement, ils peuvent avoir des répercussions sur les activités humaines, car leur disponibilité conditionne la production primaire sur laquelle se développe ensuite l'ensemble de l'activité biologique du milieu. Cependant, bien que non directement toxique, l'excès d'éléments nutritifs peut conduire à des surproductions de phytoplancton conduisant à une eutrophisation du milieu.

	Moyenne par zone en $\mu\text{mol/l}$		
	Sites de référence (REF, XIII)	Sites côtiers (SN,RL,TS)	Zone portuaire (AP,PC)
Nitrates	0,89	1,32	1,59
Nitrites	0,22	0,27	0,24
Ammonium	0,56	0,42	0,48

Tableau 6.22

Variation de la teneur en éléments nutritifs azotés sur la zone côtière (exprimée $\mu\text{mol/l}$)

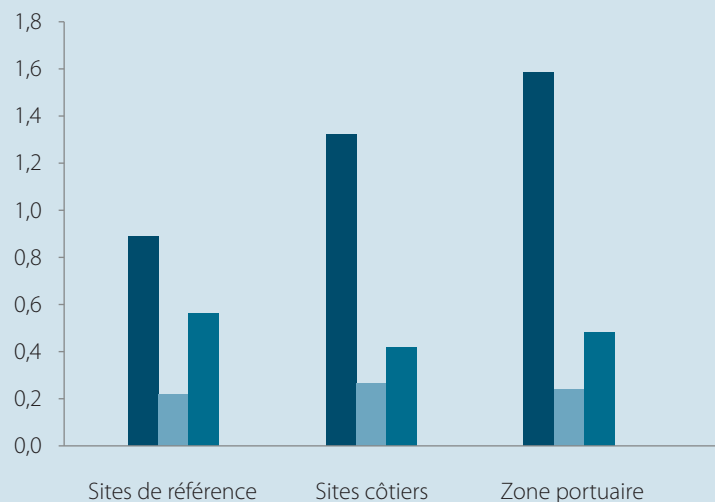


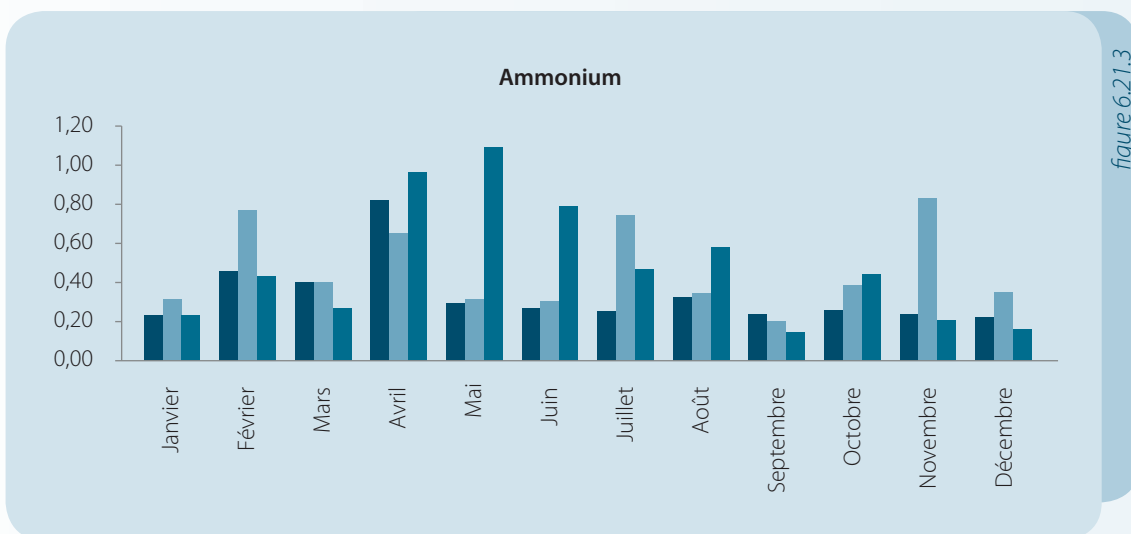
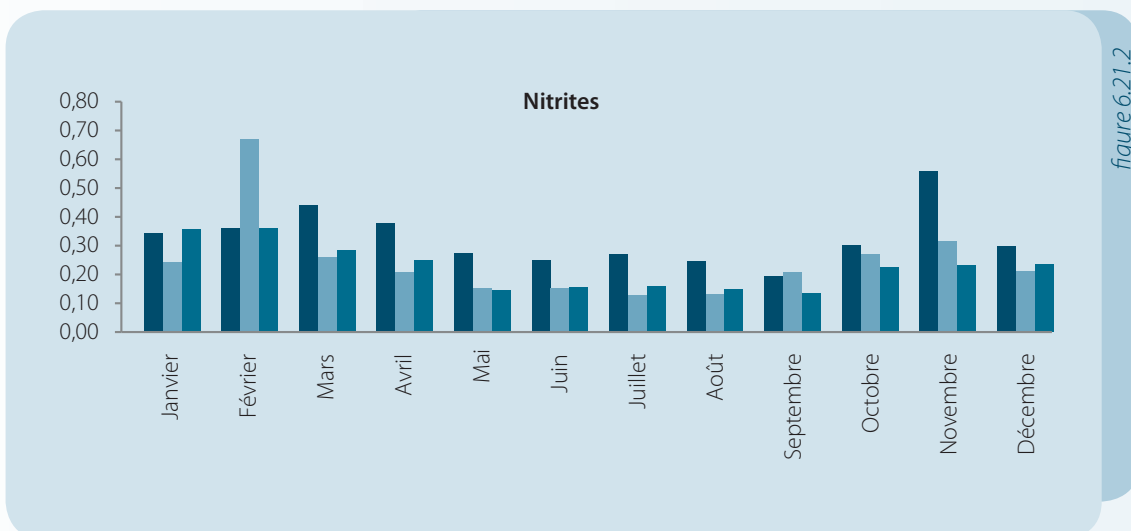
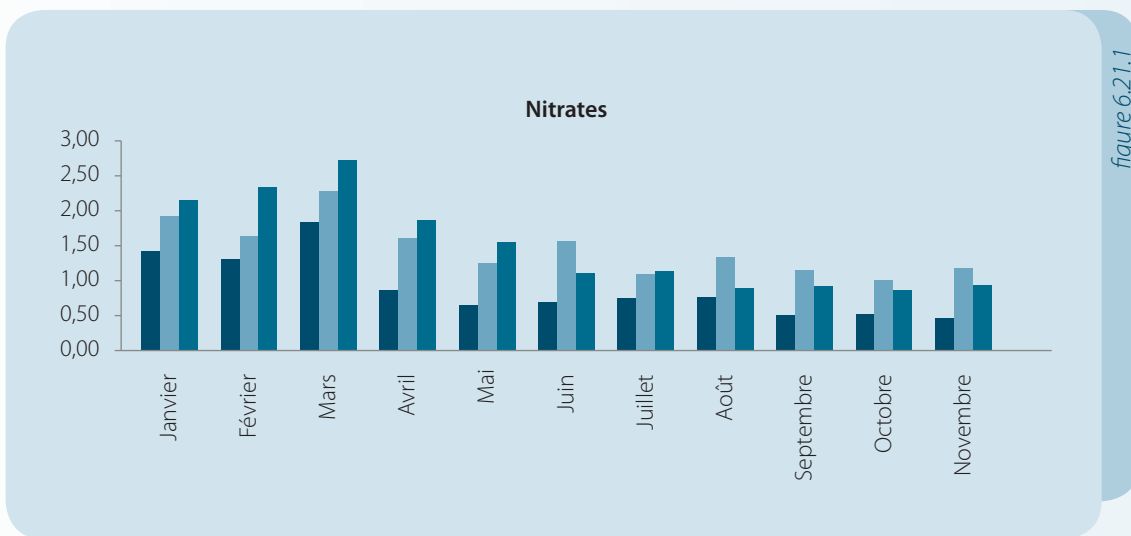
figure 6.20

Variation de la teneur en éléments nutritifs azotés sur la zone côtière (exprimée $\mu\text{mol/l}$)

■ Nitrates ■ Nitrites ■ Ammonium

	Sites de référence (REF, X, XIII)	Sites côtiers (SN,RL,TS)	Zone portuaire (AP)
Nitrate moyenne mensuelle et par zone			
janvier	1,43	1,93	2,16
février	1,31	1,64	2,34
mars	1,84	2,28	2,72
avril	0,86	1,60	1,87
mai	0,66	1,25	1,55
juin	0,69	1,56	1,11
juillet	0,75	1,10	1,14
août	0,77	1,33	0,89
septembre	0,51	1,15	0,92
octobre	0,52	1,01	0,86
novembre	0,46	1,19	0,94
décembre	0,86	1,11	1,27
Nitrite moyenne mensuelle et par zone			
janvier	0,34	0,24	0,36
février	0,36	0,67	0,36
mars	0,44	0,26	0,28
avril	0,38	0,21	0,25
mai	0,27	0,15	0,15
juin	0,25	0,15	0,16
juillet	0,27	0,13	0,16
août	0,24	0,13	0,15
septembre	0,19	0,21	0,13
octobre	0,30	0,27	0,22
novembre	0,56	0,31	0,23
décembre	0,30	0,21	0,24
Ammonium moyenne mensuelle et par zone			
janvier	0,23	0,31	0,23
février	0,46	0,77	0,43
mars	0,40	0,40	0,27
avril	0,82	0,65	0,97
mai	0,29	0,32	1,09
juin	0,27	0,30	0,79
juillet	0,25	0,74	0,47
août	0,32	0,35	0,58
septembre	0,24	0,20	0,14
octobre	0,26	0,39	0,44
novembre	0,24	0,83	0,21
décembre	0,22	0,35	0,16

Variation mensuelle de la teneur en éléments nutritifs azotés sur la zone côtière (exprimée $\mu\text{mol/l}$)



Variation mensuelle de la teneur en matière en suspension (exprimée en mg/l)

■ Sites de référence ■ Sites côtiers ■ Zone portuaire

■ 3.2.9 Contamination bactérienne

La recherche des bactéries anthropiques en zone côtière permet d'identifier les éventuels apports telluriques en eaux douces et résiduaires, mais également les apports diffus urbains (lessivages des sols et des routes) et portuaires (activités portuaires et plaisance).

Cette recherche de contamination est basée sur les mêmes bactéries indicatrices (E. Coli et entérocoques) utilisées dans le cadre du contrôle de la qualité sanitaire des eaux de baignade.

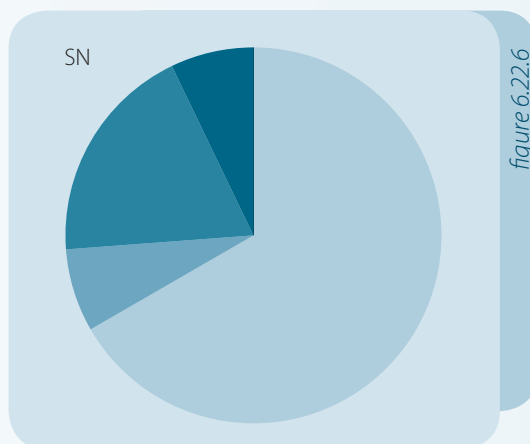
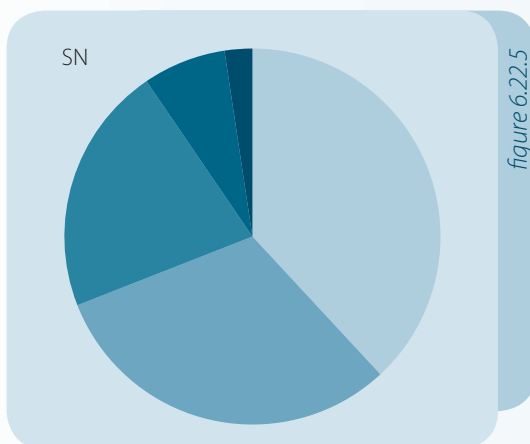
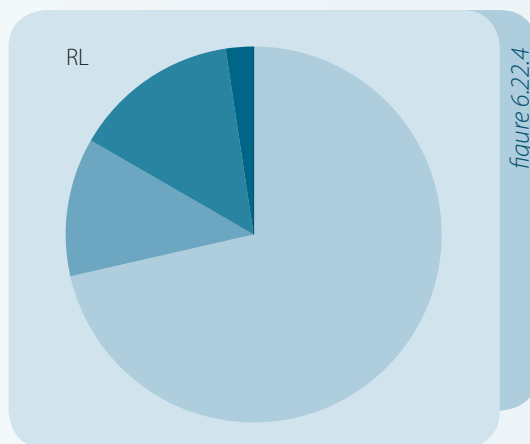
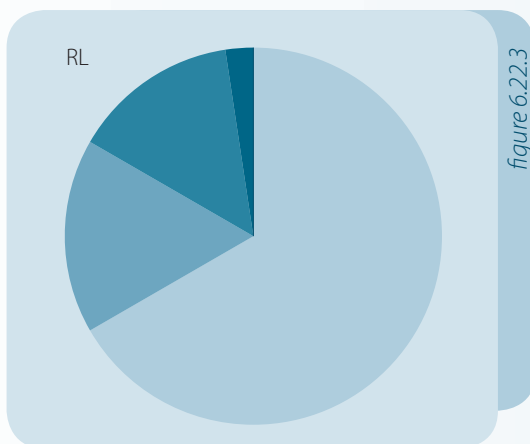
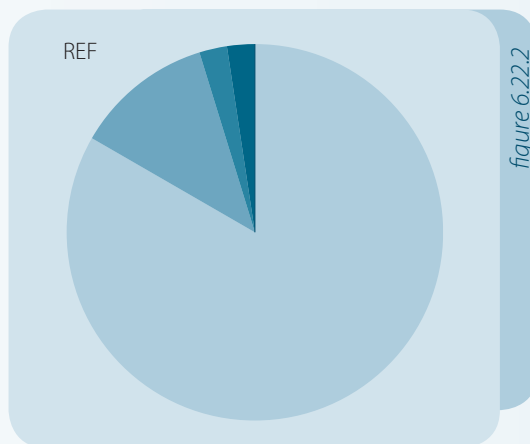
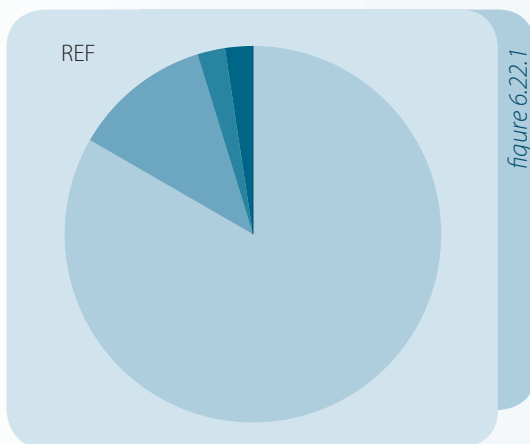
Site	Critères de Qualité Germes /100ml	Germes	
		E. Coli	Entérocoques
REF	Absence	83,3%	78,6%
	]0;10]	11,9%	4,8%
	]10;100]	2,4%	14,3%
	]100;2000]	2,4%	2,4%
	<2000	0,0%	0,0%
RL	Absence	66,7%	71,4%
	]0;10]	16,7%	11,9%
	]10;100]	14,3%	14,3%
	]100;2000]	2,4%	2,4%
	<2000	0,0%	0,0%
SN	Absence	38,1%	66,7%
	]0;10]	31,0%	7,1%
	]10;100]	21,4%	19,0%
	]100;2000]	7,1%	7,1%
	<2000	2,4%	0,0%
TS	Absence	41,4%	69,0%
	]0;10]	24,1%	10,3%
	]10;100]	27,6%	13,8%
	]100;2000]	6,9%	6,9%
	<2000	0,0%	0,0%
AP	Absence	16,7%	28,6%
	]0;10]	7,1%	14,3%
	]10;100]	38,1%	52,4%
	]100;2000]	35,7%	4,8%
	<2000	2,4%	0,0%
PC	Absence	10,3%	27,6%
	]0;10]	10,3%	20,7%
	]10;100]	55,2%	31,0%
	]100;2000]	24,1%	20,7%
	<2000	0,0%	0,0%

Tableau 6.23

Variation mensuelle de la teneur en éléments nutritifs azotés sur la zone côtière (exprimée $\mu\text{mol/l}$)

E.coli

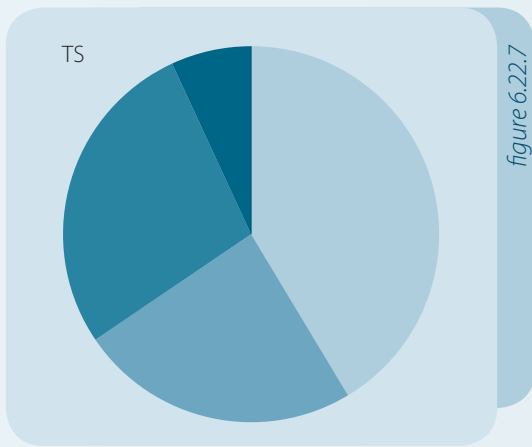
Entérocoques



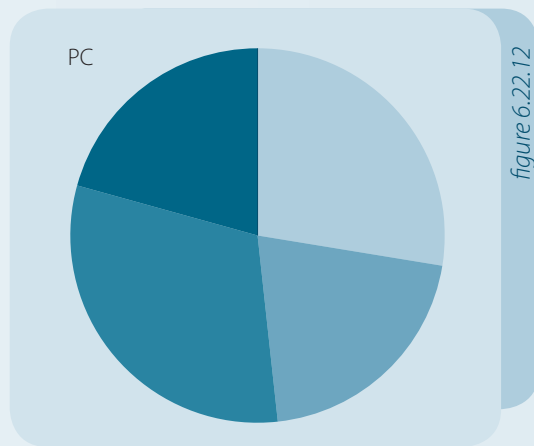
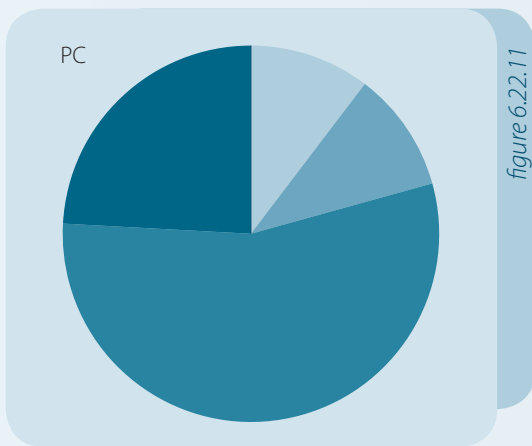
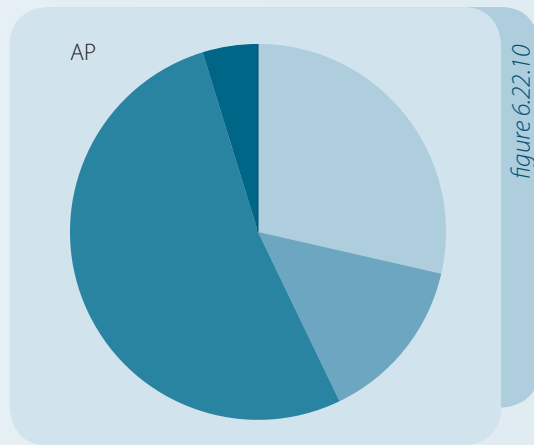
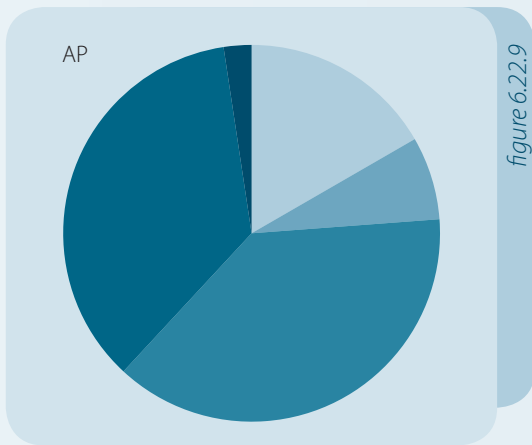
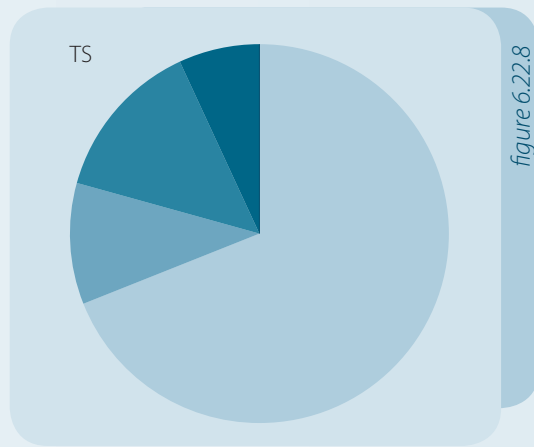
Contamination bactérienne anthropique observée en zone côtière (germes pour 100ml)

■ <2000 ■]100;2000] ■]10;100] ■]0;10] ■ Absence

E.coli



Entérocoques



Contamination bactérienne anthropique observée en zone côtière (germes pour 100ml)

■ <2000 ■]100;2000] ■]10;100] ■]0;10] ■ Absence

4. Qualité sanitaire des eaux de baignade

4.1 Cadre réglementaire

Le suivi bactériologique de la qualité des eaux a débuté de façon ponctuelle au début des années 1970 en Principauté. Ces analyses avaient principalement pour objectif de surveiller l'impact bactériologique du rejet des émissaires en mer.

Dans les années 1990, un suivi plus régulier et plus spécifique des zones de baignade a été mis en place.

C'est en 2001 que la réglementation sur la qualité des eaux de baignade en Principauté a été établie sur la base de la Directive européenne 76/160/CE.

Cette surveillance est fixée par :

- l'Ordonnance Souveraine n° 14.872 du 4 mai 2001 fixant les conditions d'application de l'article L.750-1 du Code de la Mer relatif à la pratique des bains de mer.
- l'Arrêté Ministériel n° 2001-277 du 4 mai 2001 portant application de l'article O.753-2 du Code de la Mer, relatif aux normes de qualité sanitaire des eaux de baignade.

Ces dispositions sont intégrées dans le Code de la Mer, l'article 0.753-3 précise les zones de prélèvement, la durée de la saison balnéaire, la fréquence d'échantillonnage ainsi que les modalités de prélèvement et les paramètres d'analyses obligatoires.

Conformément à cette réglementation, la surveillance est effectuée pour chaque zone homogène et donne lieu à un rapport hebdomadaire de la qualité de l'eau dont les résultats sont affichés sur chaque site de baignade ainsi qu'une déclaration de conformité à l'issue de chaque saison balnéaire.

4.2 Zones de baignade et points de surveillance

Cinq zones homogènes ont été définies et font l'objet de cette surveillance :

- Plage des pêcheurs : P
- Plage du Solarium : SO
- Anse Ouest du Larvotto : AO
- Anse Est du Larvotto : AE
- Plage du Méridien (Sea Club) : SC



Points de mesure du programme de surveillance de la qualité sanitaire des eaux de baignade

4.3 Méthodes d'analyse

Les analyses sont effectuées au sein des laboratoires de la Direction de l'Environnement. Les méthodes d'analyses et d'inspection sont conformes aux normes AFNOR décrites dans l'Article A. 753-5 du Code de la Mer.

En parallèle, le laboratoire de la Direction de l'Environnement a mis en place une méthode d'analyse bactériologique rapide qui permet de pouvoir réagir dans des délais très courts dans le cas d'une pollution constatée, permettant ainsi de limiter le risque sanitaire.

4.4 Résultats et bilan de la surveillance des eaux de baignade

La qualité des eaux de baignade est déterminée conformément à la réglementation en vigueur, par l'analyse de deux types de paramètres :

- paramètres microbiologiques,
- paramètres physico-chimiques.

Ces paramètres sont comparés à des valeurs seuils (guides et impératives) pour être interprétés hebdomadairement à l'issue de chaque prélèvement et en fin d'année afin d'établir un rapport de conformité sur l'ensemble de la saison balnéaire.

À la suite du dépassement d'une valeur guide des investigations complémentaires pour déterminer l'origine de la contamination peuvent être diligentées.

En cas de dépassement d'une valeur impérative, la zone de baignade est fermée jusqu'au rétablissement de conditions normales ne présentant pas de risque pour le baigneur.

■ 4.4.1 Paramètres bactériologiques

Les analyses microbiologiques effectuées concernent la mesure des germes (bactéries) témoins de contaminations fécales. Ces micro-organismes sont normalement présents dans la flore intestinale des mammifères, et de l'homme en particulier. Leur présence dans l'eau témoigne d'une contamination fécale des zones de baignade. Ils constituent ainsi un indicateur du niveau de pollution par des eaux usées et traduisent la probabilité de présence de germes pathogènes. La présence plus ou moins importante de ces germes est donc directement liée au risque sanitaire encouru par l'utilisateur.

Les bactéries quantifiées au cours des contrôles sont :

- les Coliformes totaux ;
- les Escherichia coli ; au titre des Coliformes fécaux ;
- les Streptocoques fécaux au titre des Entérocoques intestinaux.

Pour chaque prélèvement et chaque site, les teneurs en bactéries sont comparées aux valeurs seuils (valeurs Guides et Impératives) définies par la réglementation, permettant d'établir ainsi un état de la qualité de l'eau.

Synthèse annuelle de la qualité bactériologique des eaux de baignade interprétée en fonction des valeurs seuils de la réglementation en vigueur.

Interprétations de la qualité bactériologique de l'eau

	Valeurs Guides	Valeurs Impératives
Coliformes totaux / 100 ml	2 000	10 000
Coliformes fécaux / 100 ml	100	2 000
Streptocoques fécaux / 100 ml	100	

- Si les valeurs guides ne sont pas dépassées pour aucun des paramètres bactériologiques, l'eau de baignade est déclarée de bonne qualité.

- Un dépassement d'une valeur guide entraîne une qualité de l'eau moyenne.
- Un dépassement d'une valeur impérative entraîne une mauvaise qualité de l'eau.

Synthèse annuelle de la qualité bactériologique des eaux de baignade interprétée en fonction des valeurs seuils de la réglementation en vigueur.

AE (Larvotto anse Est)				
	Bonne (%)	Moyenne (%)	Mauvaise (%)	Nombre de prélèvements (N)
2001	94,7%	5,3%	0,0%	19
2002	91,3%	8,7%	0,0%	23
2003	100,0%	0,0%	0,0%	22
2004	100,0%	0,0%	0,0%	22
2005	100,0%	0,0%	0,0%	22
2006	100,0%	0,0%	0,0%	22
2007	95,7%	4,4%	0,0%	23
2008	95,2%	4,8%	0,0%	21
2009	100,0%	0,0%	0,0%	22
2010	100,0%	0,0%	0,0%	22

Tableau 6.25.1

AO (Larvotto anse Ouest)				
	Bonne (%)	Moyenne (%)	Mauvaise (%)	Nombre de prélèvements (N)
2001	100,0%	0,0%	0,0%	19
2002	87,0%	13,0%	0,0%	23
2003	100,0%	0,0%	0,0%	22
2004	95,5%	4,6%	0,0%	22
2005	100,0%	0,0%	0,0%	22
2006	100,0%	0,0%	0,0%	22
2007	100,0%	0,0%	0,0%	23
2008	95,2%	4,8%	0,0%	21
2009	100,0%	0,0%	0,0%	22
2010	100,0%	0,0%	0,0%	22

Tableau 6.25.2

SC (Méridien Beach Plaza)				
	Bonne (%)	Moyenne (%)	Mauvaise (%)	Nombre de prélèvements (N)
2001	100,0%	0,0%	0,0%	19
2002	100,0%	0,0%	0,0%	23
2003	95,5%	4,6%	0,0%	22
2004	100,0%	0,0%	0,0%	22
2005	100,0%	0,0%	0,0%	22
2006	100,0%	0,0%	0,0%	22
2007	100,0%	0,0%	0,0%	23
2008	100,0%	0,0%	0,0%	21
2009	100,0%	0,0%	0,0%	22
2010	100,0%	0,0%	0,0%	22

Tableau 6.25.2

N = Nombre de prélèvements effectués.

Synthèse annuelle de la qualité bactériologique des eaux de baignade interprétée en fonction des valeurs seuils de la réglementation en vigueur.

SO (Solarium)				
	Bonne (%)	Moyenne (%)	Mauvaise (%)	Nombre de prélèvements (N)
2001				
2002	100,0%	0,0%	0,0%	4
2003	100,0%	0,0%	0,0%	21
2004	100,0%	0,0%	0,0%	22
2005	100,0%	0,0%	0,0%	22
2006	100,0%	0,0%	0,0%	22
2007	100,0%	0,0%	0,0%	23
2008	100,0%	0,0%	0,0%	21
2009	100,0%	0,0%	0,0%	22
2010	100,0%	0,0%	0,0%	22

Tableau 6.25.3

P (Plage des Pêcheurs)				
	Bonne (%)	Moyenne (%)	Mauvaise (%)	Nombre de prélèvements (N)
2001				
2002	75,0%	25,0%	0,0%	4
2003	100,0%	0,0%	0,0%	21
2004	100,0%	0,0%	0,0%	22
2005	100,0%	0,0%	0,0%	22
2006	95,5%	4,6%	0,0%	22
2007	95,7%	4,4%	0,0%	23
2008	100,0%	0,0%	0,0%	21
2009	100,0%	0,0%	0,0%	22
2010	100,0%	0,0%	0,0%	22

Tableau 6.25.4



Synthèse annuelle d'observation d'une bonne qualité bactériologique des eaux de baignade pour les différents sites de surveillance

■ 4.4.2 Paramètres visuels

Les paramètres visuels font l'objet d'une évaluation visuelle ou olfactive sur le terrain. Ces paramètres concernent :

- La présence de mousses,
- La présence de phénols (composés chimiques aromatiques, utilisés pour la fabrication de produits tels que colorants, produits pharmaceutiques, parfums, huiles essentielles, solvants),
- La présence d'huiles minérales (mélange d'hydrocarbures),
- La couleur de l'eau,
- La transparence de l'eau.

Pour chaque prélèvement et chaque site, ces observations sont comparées aux valeurs seuils de la réglementation en vigueur.

Valeurs seuils de la réglementation monégasques concernant les paramètres visuels

	Valeurs Guide	Valeurs Impératives
Coloration		Pas de changement anormal de la couleur
Transparence	<2 mètres	<1 mètre
Substances tensioactives		Pas de mousse persistante
Huiles minérales		Pas de film visible et absence d'odeur
Phénols		Aucune odeur spécifique
Résidus, goudronneux, matières, flottantes		Présence ou type de résidus

Stations	Année	Nombre de prélèvements	Coloration	Transparence		Huile minérale	Substances tensioactives	Odeur phénol	Résidus flottants
		N*	VI**	VG***	VI**	VI**	VI**	VI**	VG***
AO	2002	23	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	2003	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	2004	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	95%
	2005	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	91%
	2006	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	95%
	2007	23	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	2008	21	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	2009	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	2010	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	95,5%
AE	2002	23	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	2003	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	2004	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	95%
	2005	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	91%
	2006	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	95%
	2007	23	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	2008	21	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	2009	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	2010	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	95,5%
SC	2002	23	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	2003	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	2004	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	2005	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	95%
	2006	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	2007	23	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	2008	21	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	2009	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	2010	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	95,5%
P	2002	4					100%	100%	100%
	2003	21	100%	100%	100%	100%	100%	100%	95,2%
	2004	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	95%
	2005	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	2006	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	95%
	2007	23	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	2008	21	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	2009	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	95,5%
	2010	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SO	2002	4					100%	100%	100%
	2003	21	100%	100%	100%	100%	100%	100%	95,2%
	2004	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	2005	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	2006	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	95%
	2007	23	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	2008	21	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	2009	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	95,5%
	2010	22	100%	100%	100%	100%	100%	100%	95,5%

■ 4.4.3 Conformité des eaux de baignade

La conformité d'une zone de baignade est établie à l'issue de chaque saison balnéaire.

Cette conformité permet de définir si une zone homogène est propice à la baignade en garantissant la santé du baigneur.

Le rapport de conformité basé sur les résultats obtenus l'année précédente est affiché sur la zone de baignade en début de saison balnéaire.

Dans le cas où une eau de baignade serait qualifiée non conforme, la zone de baignade peut être fermée et des mesures de gestion doivent être entreprises pour rétablir des conditions propices à la pratique des bains de mer.

	Zones homogènes	Sites	% des échantillons conformes aux valeurs impératives (1)	% des échantillons conformes aux valeurs guides autres que celles se rapportant aux paramètres microbiologiques (2)	% des échantillons conformes aux valeurs guides se rapportant aux paramètres microbiologiques (3)	Conformité de la zone de baignade
2002	Pêcheurs	P	100%	100%	100%	Conforme
	Solarium	SO	100%	100%	100%	Conforme
	Méridien	SC	100%	100%	100%	Conforme
	Larvotto Anse Est	AE	100%	100%	98%	Conforme
	Larvotto Anse Ouest	AO	100%	100%	100%	Conforme
2003	Pêcheurs	P	99%	98%	100%	Conforme
	Solarium	SO	99%	98%	100%	Conforme
	Méridien	SC	100%	100%	98%	Conforme
	Larvotto Anse Est	AE	100%	100%	100%	Conforme
	Larvotto Anse Ouest	AO	100%	100%	100%	Conforme
2004	Pêcheurs	P	100%	100%	100%	Conforme
	Solarium	SO	100%	100%	100%	Conforme
	Méridien	SC	100%	98%	100%	Conforme
	Larvotto Anse Est	AE	100%	98%	100%	Conforme
	Larvotto Anse Ouest	AO	100%	98%	95%	Conforme
2005	Pêcheurs	P	100%	100%	95,5%	Conforme
	Solarium	SO	100%	100%	100%	Conforme
	Méridien	SC	100%	100%	100%	Conforme
	Larvotto Anse Est	AE	100%	100%	95,5%	Conforme
	Larvotto Anse Ouest	AO	100%	100%	100%	Conforme
2006	Pêcheurs	P	100%	97,8%	98,5%	Conforme
	Solarium	SO	100%	97,8%	100%	Conforme
	Méridien	SC	100%	97,8%	100%	Conforme
	Larvotto Anse Est	AE	100%	97,8%	100%	Conforme
	Larvotto Anse Ouest	AO	100%	97,8%	100%	Conforme
2007	Pêcheurs	P	100%	100%	95,5%	Conforme
	Solarium	SO	100%	100%	100%	Conforme
	Méridien	SC	100%	100%	100%	Conforme
	Larvotto Anse Est	AE	100%	100%	95,5%	Conforme
	Larvotto Anse Ouest	AO	100%	100%	100%	Conforme
2008	Pêcheurs	P	100%	100%	100%	Conforme
	Solarium	SO	100%	100%	100%	Conforme
	Méridien	SC	100%	100%	100%	Conforme
	Larvotto Anse Est	AE	100%	100%	98,4%	Conforme
	Larvotto Anse Ouest	AO	100%	100%	96,8%	Conforme
2009	Pêcheurs	P	100%	98%	100%	Conforme
	Solarium	SO	100%	98%	100%	Conforme
	Méridien	SC	100%	100%	100%	Conforme
	Larvotto Anse Est	AE	100%	100%	100%	Conforme
	Larvotto Anse Ouest	AO	100%	100%	100%	Conforme
2010	Pêcheurs	P	100%	100%	100%	Conforme
	Solarium	SO	100%	98%	100%	Conforme
	Méridien	SC	100%	98%	100%	Conforme
	Larvotto Anse Est	AE	100%	98%	100%	Conforme
	Larvotto Anse Ouest	AO	100%	98%	100%	Conforme

(1) 95% des échantillons en ce qui concerne les valeurs impératives.

(2) 90% des échantillons en ce qui concerne les valeurs guides (autres que les paramètres microbiologiques).

(3) 80% des échantillons en ce qui concerne les valeurs guides se rapportant aux paramètres microbiologiques.